

# **XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales**

**15 al 17 de Mayo de 2014**

**Eldorado - Misiones - Argentina**

## **Silvicultura**

**Conservación y Mejora de recursos genéticos**

**Desarrollo Rural y Sustentable**

**Ecología y Biodiversidad Forestal**

**Productos e Industrias Forestales**

**Economía y Mercado de Recursos Forestales**

## Organizadores

Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones

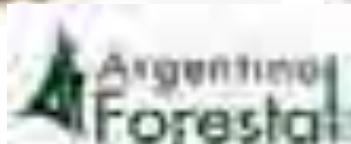
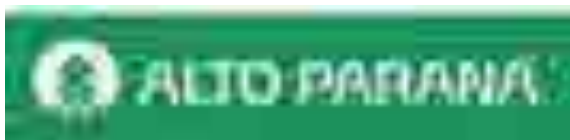
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Centro Regional Misiones

Consejo Federal de Inversiones - CFI

Ministerio de Cultura, Educación, Ciencia y Tecnología

Gobierno de la Provincia de Misiones

## Auspician



## Adhieren



## **Comisión Organizadora**

### **FCF-UNaM**

Teresa Suiresz  
Elizabeth Weber  
Alicia Bobadilla  
Mariela Teresczcuch  
César de la Vega  
Alejandro Friedl

### **INTA**

Paola Gonzalez  
Sara Barth  
Roque Toloza  
Jonathan Redes  
Mario Krivencki  
Alejandra Badaracco

### **Edición de Actas en CD**

Elizabeth Weber  
Sara Barth  
Jonathan Redes

### **Diseño Gráfico**

Mara Trumpler

## **Comité Científico - Técnico**

Coordinadora: Teresa Suirez

### **FCF - UNaM**

Alejandro Friedel  
Luis Grance  
Alicia Borhen  
Lidia Lopez Cristobal  
Ruben Costas  
Lucila Diaz  
Julio Bernio  
Horacio Olery  
Elisa Bobadilla  
Obdulio Pereyra  
Elizabet Weber  
Teresa Suirez  
Daniel Videla  
Rocha Patricia  
Fernando Niela  
Alicia Sther  
Domingo Maioco  
Ricardo Callaba  
Beatriz Eibl  
Mariela Tereschuk  
Jose Palavecino

### **INTA**

Juan Pedro Agostini  
Aldo Keller  
Alejandra Von Wallis  
Sara Barth  
Delia Dummel  
Diego Chifarelli  
Ector Belaber  
Ernesto Crechi  
Gustavo Rodriguez  
Hugo Fassola  
Luis Acuña  
Luis Colcombet  
Martín Pinazzo  
Nardia Bulfe  
Norberto Pahr  
Paola González  
Rodolfo Martiarena  
Rosana Ferruchi

## PRÓLOGO

Con sumo agrado las instituciones que representamos ponen a disposición un espacio para el intercambio y generación de propuestas dirigido a los diferentes actores que participan del sector forestal y ambiental, tal es el objetivo de las Decimosextas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, a desarrollarse entre el 15 y el 17 de Mayo de 2014.

En esta Trigésimo Segunda Tercera Edición nuevamente la unión interinstitucional entre sectores públicos y privados hace posible dar a conocer trabajos y experiencias de investigadores, extensionistas y técnicos de origen internacional, nacional y provincial.

Cabe destacar que la actividad Forestal es en la región de importancia primordial tanto en aspectos ambientales como económicos y sociales representando una oportunidad de trabajo y empleo para nuestros habitantes.

La presente Acta de Resúmenes consta de trabajos presentados en 7 conferencias, 18 exposiciones orales y 56 trabajos exhibidos en formato poster.

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 y la comunicación personal en los espacios entre sesiones conllevan a la formación de una visión superadora hacia el futuro.

Merecen destacarse los esfuerzos de los autores y disertantes que una vez más dan significado al evento, la colaboración de los auspiciantes y el equipo de trabajo de todas las instituciones que participaron en la organización de este encuentro.

Agradecemos a todos el respaldo recibido para hacer posible el éxito de esta actividad.

A los participantes del evento, su presencia fue de suma importancia para el cumplimiento de nuestra misión: difundir conocimiento y experiencias. Nos sentimos honrados con su presencia esperando reencontrarnos en nuestra próxima edición.

**Comisión organizadora XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales**

**Eldorado, Misiones, mayo de 2014**

# XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales

## ÍNDICE

### CONFERENCIAS

**Integración Agricultura–Ganadería y Bosque en regiones Subtropicales de Brasil**

*Porfirio Da Silva*

**Condicionantes a la Adopción de Tecnologías en Pequeños y Medianos Productores de Pino en Misiones**

*Silvana Ines Giancola*

**Tendencias en el Mejoramiento Genético y Propagación Clonal de Eucaliptus sp para la Producción de Madera de Calidad**

*Teotonio Francisco de Assis*

**Los Aspectos Sociales del Manejo Forestal Sustentable: La Relación entre Valores, Normas, Actitudes y Comportamiento respecto a las Plantaciones Forestales**

*Norma Ines Hilgert*

**Cambio Climático y Bosques en Argentina: Desafíos y Oportunidades**

*Ricardo Villalba*

**Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas: La Experiencia de Recomposición de Matas Ciliares y la Vinculación con los Municipios y Actores Locales**

*Nelton Miguel Friedrich*

**Uso Estructural de la Madera. Criterios Adoptados por el Reglamento CIRSOC 601, Manual de Aplicación y la Normativa de Acompañamiento. Fortaleza y Debilidades**

*Juan Carlos Piter*

## ÍNDICE

### SESIONES ORALES y TRABAJOS

#### Silvicultura

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS E INSTALACIÓN DE PLÁNTULAS EN BOSQUES PRIMARIOS Y APROVECHADOS DE *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser DESPUÉS DE LOS PRIMEROS AÑOS DESDE LA COSECHA.

DETERMINACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AMBIENTALES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS EN CASTORERAS ABANDONADAS EN TIERRA DEL FUEGO.

INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTAS EN VIVERO DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. y *Machaerium paraguariense* Hassl., PARA PLANTACIONES DE BIOMASA PARA LEÑA.

DENSIDAD BÁSICA DE *Eucalyptus grandis* H PARA DIFERENTES EDADES Y ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA REGIÓN MESOPOTÁMICA.

EFEECTO DEL RALEO SOBRE EL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DE *Pinus taeda* L.

PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTOS ESTABELECIDOS NO BIOMA PAMPA.

EFEITO DAS COPAS DAS ÁRVORES NO APORTE DE POTÁSSIO EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus dunnii* MAIDEN EM ALEGRETE, RS.

PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEVOLUÇÃO DE N, P E K EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus dunnii* MAIDEN.

APORTE DE N, P K VIA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. EM CAMBARÁ DO SUL, BRASIL.

PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEVOLUÇÃO DE NPK EM UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L.

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS QUE PERMITEN A *CABRALEA CANJERANA* MART. TOLERAR LOS CAMBIOS SÚBITOS EN LA DISPONIBILIDAD DE LUZ.

ESTIMACIÓN DE VARIABLES ESTRUCTURALES EN PLANTACIONES DE PINOS MEDIANTE ÍNDICES POLARIMÉTRICOS COSMOSKYMED.

APLICACIÓN DE CORTA DE LIANAS Y TACUARAS COMO PRÁCTICA PARA LA RECUPERACIÓN Y MANEJO DE BOSQUES NATIVOS APROVECHADOS EN LA SELVA PARANAENSE. ESTUDIO DE CASO.

ECUACIONES DE VOLUMEN Y FORMA PARA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze CULTIVADA EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA.

EFFECTOS DE LA INTENSIDAD Y OPORTUNIDAD DE RALEO EN *Pinus taeda* L. SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MADERA EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA.

EFFECTO DE LA DENSIDAD FINAL SOBRE RENDIMIENTOS POR CATEGORIAS DE PRODUCTOS ASERRABLES Y PULPABLE EN PINO HIBRIDO F2 ( *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) A LOS 20 AÑOS DE EDAD.

AJUSTE DE FUNCIONES DE CRECIMIENTO PARA *Pinus Elliottii* Engelm. DEL BOSQUE COMUNAL DE LA LOCALIDAD DE SAN BASILIO, CÓRDOBA, ARGENTINA.

INVENTÁRIO DE MATERIAL COMBUSTÍVEL EM POVOAMENTO DE *EUCALYPTUS* SPP. E *PINUS* SPP. DENTRO DO CÂMPUS DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – DOIS VIZINHOS.

EVALUACIÓN DE LA REPUESTA, EN CRECIMIENTO Y SANIDAD, DE CINCO DIFERENTES HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis*, CON TRICHOSOIL® Y BIOREND® EN VIVERO.

TECNICAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION EN CAMINOS FORESTALES.

EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, EN EL NOROESTE DE MISIONES.



EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE CAÑAFÍSTOLA Y HOVENIA EN UN ENSAYO DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUES NATIVOS EN SANTIAGO DE LINIERS, MISIONES – ARGENTINA.

DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO POBLACIONAL DE LA CHINCHE DEL EUCALIPTO *Thaumastocoris peregrinus* (CARPINTERO Y DELLAPE) EN LAS PROVINCIAS DE CORRIENTES Y MISIONES.

COMPORTAMIENTO INICIAL DE CINCO ESPECIES NATIVAS EN SISTEMAS DE PLANTACIÓN BAJO CUBIERTA DE BOSQUE DEGRADADO EN LA PROVINCIA DE MISIONES.

RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ENSAYO DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN *Pinus taeda* L. INSTALADO A CAMPO.

PREDICCIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE MADERA PARA *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden EN EL NORTE DE MISIONES.

FENOLOGÍA DE *Cordia trichotoma* (Vell.)Arráb. exSteud, *Cabralea canjerana* (Vellozo)Martiusy *Scheffleramorotoni*(AUBL.)MAGUIRE, STEYERM. &FRODINEN UN REMANENTE ARBÓREO DE SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA.

CUANTIFICACION DE LA DENSIDAD Y RIQUEZA DE LA REGENERACION DE ARBOLES NATIVOS EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda* EN MISIONES MEDIANTE ÍNDICES POLARIMÉTRICOS DERIVADOS DE IMÁGENES SAR COSMOSKYMED.

CONSUMO DE AGUA EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda* L. EN LA ZONA NOROESTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES.

EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE UN EQUIPO DE PRODUCCION DE BIOMASA FORESTAL A PARTIR DE RESIDUOS POST COSECHA

## Conservación y Mejora de Recursos Genéticos

TOLERANCIA A LA DESECACION DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS, PARA EL ALMACENAMIENTO.

DESINFECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO *INVITRO* DE SEMILLAS DE *BASTARDIOPSIS DENSIFLORA* (HOOK. & ARN.) HASSLER.

PODER GERMINATIVO Y DIFERENCIAS MORFOMÉTICAS EN FRUTO Y SEMILLAS DE *Cabralea canjerana* (VELLOZO) MARTIUS SEGÚN ZONA DE COSECHA.

MULTIPLICACIÓN AGÁMICA DE FAMILIAS DE *Pinus taeda*, Linneo C., PROVENIENTES DE CRUZAMIENTOS CONTROLADOS.

TECNICAS PARA LA PROPAGACION, DOMESTICACION Y UTILIZACION SOSTENIBLE DE PALO AMARGO, *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.<sup>1</sup>

EXTENDIENDO LOS BENEFICIOS DE LAS TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN CLONAL A PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN Y DOMESTICACIÓN.

SELECCIÓN FENOTÍPICA DE “PETERIBÍ” (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrábida ex Steudel) EN EL NORESTE ARGENTINO

## Desarrollo Rural y Sustentable

PERÍODOS SECOS Y HÚMEDOS EN LA REGION NO DE MISIONES

ESTUDIO ANALÍTICO DE PROCESOS DE SECADO CONVENCIONAL UTILIZADOS EN LA REGION DEL ALTO PARANA, MISIONES, Y SU RELACIÓN CON LAS EXIGENCIAS DE TRATAMIENTO TERMICO FAO NIMF 15.

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN PROYECTOS REDD+ PARA EL DESARROLLO RURAL.

ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD EN PLANTEOS SILVOPASTORILES PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES DE ELDORADO, MISIONES.

EXPERIENCIAS EN EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL NORTE MISIONERO.

CARACTERISTICAS DE LA PRECIPITACION DURANTE 1981-2012.

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS Y ECONÓMICAS DE *ACROCOMIA ACULEATA* (JACQ.) LODD. EX MART. PARA SU CULTIVO EN MISIONES.

# Ecología y Biodiversidad Forestal

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MUNICIPIO DE EL-DORADO.

RECUPERACIÓN ECOLÓGICA DE CLAROS PRODUCIDOS POR TALA SELECTIVA EN LA SELVA TUCUMANO BOLIVIANA MEDIANTE EL MÉTODO DE PERCHAS ARTIFICIALES.

INCREMENTO EN LA COBERTURA DE ESPECIES EXÓTICAS DEL SOTOBOSQUE DEBIDO A INCENDIOS EN BOSQUES MANEJADOS DE *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted.

PRACTICAS DE MANEJOS DE ABEJAS SIN AGUIJÓN, DE BOSQUES NATIVOS FORMOSEÑOS.

TOLERANCIA A LA DESECACIÓN DE SEMILLAS DE MACHAERIUM PARAGUARIENSE HASSL. (FABACEAE).

LEVANTAMIENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS UTILIZADAS NA ARBONIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE CHOPINZINHO – PARANÁ.

QUALIDADE PAISAGÍSTICA E ANÁLISE FÍSICA DOS PARQUES E PRAÇAS NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS – PR.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, SANIDAD Y RESISTENCIA A HELADAS DE TRES HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* CON APLICACIÓN DE BIO ESTIMULANTES, TRICHO-SOIL® Y BIOREND®, EN PLANTACIÓN.

BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE BOSQUES: FUNCIONES POTENCIALES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES.

ANÁLISIS DE MÉTODOS DE ESTRATIFICACIÓN VERTICAL EN UN BOSQUE SUBTROPICAL, MISIONES – ARGENTINA.

DINÁMICA DE FLORACIÓN DE INTERÉS APÍCOLA.

COMUNIDADES DE TERMITAS DE BOSQUES NATIVOS DEL DEPARTAMENTO SAN FERNANDO (CHACO, ARGENTINA): COMPOSICIÓN Y ROLES ECOLÓGICOS.

ESTUDIO AEROBIOLÓGICO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERTOL.) KUNTZE EN SAN ANTONIO, MISIONES.

AREAS DE ALTO VALOR DE CONSERVACION EN ALTO PARANA S.A. PROVINCIA DE MISIONES. ARGENTINA.

ESTUDIO COMPARATIVO DE INTENSIDADES DE USO GANADERO POR BOVINOS Y OVINOS EN SOTOBOSQUE DE *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted Y PASTIZALES ALEDAÑOS.

## Productos e Industrias Forestales

MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y ROTURA A LA FLEXION ESTATICA Y PESOS ESPECIFICOS APARTENTES DE LAS MADERAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.)O. Ktze. Y *Pinus taeda* marion IMPREGNADAS CON CA-B\*

APLICACIÓN DE SILICATOS EN MADERA DE PINO PONDEROSA PARA PISOS, MUEBLERÍA Y OTROS USOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

EVALUACION DE LA APTITUD TECNOLOGICA DE LA MADERA DE *Ateleia glazeoviana* Baillon (FABACEAE).

REGISTRO DEL INGRESO DE MADERA DE PINO EN ARGENTINA A PARTIR DE CONSTRUCCIONES HISTORICAS.

INFLUENCIA DE LA DIMENSIÓN DE PROBETAS DE MADERA EN LA ESTIMACION DE LA DUREZA JANKA.

EVALUACION DEL DETERIORO LUEGO DE TRES INSPECCIONES DE TRES ESPECIES DE MADERA A LA INTEMPERIE \*

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LA MADERA DE PINO PONDEROSA (*Pinus ponderosa* DOUGL.EX LAWS) IMPREGNADA CON SOLUCIONES HIDROSOLUBLES.

---

EFECTO DE LA COCCIÓN DE TROZAS Y DE LA APLICACIÓN DE DISTINTOS GRAMAJES DE ADHESIVO EN LA CALIDAD DE UNIONES Y RESISTENCIA AL CORTE DE TABLEROS COMPENSADOS PRODUCIDOS CON *Pinus taeda* L.

ESTUDIO ANALÍTICO DE PROCESOS DE SECADO CONVENCIONAL UTILIZADOS EN LA REGION DEL ALTO PARANA, MISIONES, Y SU RELACIÓN CON LAS EXIGENCIAS DE TRATAMIENTO TERMICO FAO NIMF 15

RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA DE VIGAS MULTILAMINADAS ENCOLADAS DE *Pinus taeda* L y *Pinus ponderosa* SEGÚN NUEVA NORMA IRAM 9663: PROCEDIMIENTO OPERACIONAL DE LABORATORIO.

ELABORACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS A PARTIR DE MADERAS DE *Eucalyptus tereticornis* SMITH DE DIFERENTES PROGENIES.

RELACIÓN ENTRE MÉTODOS ACÚSTICOS CON PROPIEDADES ANATÓMICAS Y FÍSICO MECÁNICAS DE *Pinus taeda*L. SOMETIDO A RALEOS.

## Economía y Mercado de Recursos Forestales

EFICÁCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE ABATE DE ÁRVORES DE *Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN.

ESTRUCTURA y DIVERSIDAD DE UN BOSQUE DEGRADADO EN VILLA DOS TRECE, FORMOSA.

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PLANTACIÓN DE *Pterogyne nitens* (TIPA COLORADA) EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO DE DIFERENTES ANCHOS EN VILLA DOS TRECE, FORMOSA.

SISTEMA DE APOYO A LA PLANIFICACIÓN DE LA COSECHA FORESTAL.

EVALUACIÓN DE PROYECTOS FORESTO INDUSTRIALES. EL CASO DE UN ASERRADERO EN LA PROVINCIA DE CORRIENTES (ARGENTINA).

# CONFERENCIAS

**INTEGRACIÓN AGRICULTURA-GANADERÍA Y BOSQUE EN REGIONES  
SUBTROPICALES DE BRASIL.**

**THE INTEGRATION CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEM IN BRAZIL'S  
SUBTROPICAL REGION.**

**V. Porfirio-da-Silva <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>. EMBRAPA Florestas, Cx. Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR., Brasil. E-mail:  
vanderley.porfirio@embrapa.br

**RESUMEN**

En las regiones subtropicales del Brasil hay una gran oportunidad para el establecimiento de la integración de los cultivos con el ganado, y el bosque. Es decir, para la agroforestería. En esta región, los sistemas dominantes de uso de la tierra son las actividades agrícolas (maíz, soja, trigo, frijol, arroz, etc.) y ganaderas (producción de carne y leche bovina y ovina). Hay presiones económicas y ambientales que actúan en el medio rural a los productores para que adopten sistemas de uso de la tierra más sostenibles.

Los impactos de la producción agrícola y ganadera sobre el medio ambiente, siendo los más preocupantes: La deforestación, la erosión y compactación de los suelos, la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación del agua, cambios en la cubierta vegetal y la disminución de la diversidad biológica.

Frente a este escenario de preocupación por el medio ambiente, se busca el establecimiento de sistemas de producción agrícola y ganadera de manera sostenible, a fin de que puedan ser socialmente beneficiosa, económicamente viable y ecológicamente racional. En consecuencia, la integración del componente arbóreo con la actividad agrícola y/o ganadera, adquiere importancia, la que tiende a ser mayor cuando se aplica en regiones con alta fragmentación de los bosques remanentes y/o de pastizales degradados (Porfirio-da-Silva, 2006).

El reconocimiento de los beneficios generados por los sistemas agrosilvopastoriles se ha incrementado y diversos tipos de sistemas estudiados por las instituciones de investigación del país están empezando a ser adoptados por los agricultores. Son muchos los modelos y arreglos que pueden ser utilizados para estos sistemas, pudiendo seleccionarse los más adecuados en función de la finalidad de la empresa, las condiciones locales y la disponibilidad de recursos financieros. Este trabajo presenta algunos resultados de la investigación y la experiencia con sistemas agrosilvopastoriles en las condiciones climáticas subtropicales de Brasil.

Si bien existen pruebas científicas y ejemplos de aplicación, la diversidad de condiciones regionales aconsejan desarrollar más estudios y mecanismos de política pública para promover la adopción de los sistemas de integración agricultura-ganadería y bosques.

**Palabras clave:** Agroforestería; buenas prácticas; transferencia y difusión

## ABSTRACT

In the subtropical Brazilian regions, there is a great opportunity to establish sylvopastoral systems. In this region, the dominant land uses systems are agriculture (maize, soybean, wheat, beans, rice, etc..) and animal production (beef, dairy cattle and sheep). There are economic and environmental pressures acting in rural areas on the farmers to adopt more sustainable land use systems. Although scientific evidence and application examples exist, the diversity of regional conditions requires further studies and public policy mechanisms to promote the conversion of grasslands without trees in to silvopastoral systems.

**Key words:** Tree-pasture systems; agroforestry; good-practices

## INTRODUCCIÓN

En Brasil, la expansión de las actividades agrícolas siempre ha sido asociada con la eliminación de la vegetación nativa. Los ciclos económicos que construyeron la historia del país se han hecho en base a la destrucción de la cubierta vegetal natural y la falta de preocupación por el agotamiento de los recursos (Engel, 2003).

Las actividades asociadas con la destrucción de la vegetación nativa, seguida por los procesos extractivos de las actividades agrícolas, han dado lugar tanto a procesos de empobrecimiento de los suelos como, en medios agrícolas, a reflexiones sobre la productividad en el tiempo y el espacio. Los procesos extractivos actuales han llegado a niveles preocupantes para garantizar el mantenimiento la capacidad productiva de los recursos existentes. Según Rosales, et al. (1998), existe consenso acerca de los impactos de la producción ganadera sobre el medio ambiente, siendo los más preocupantes: La deforestación, la erosión y compactación de los suelos, la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación del agua, cambios en la cubierta vegetal y la disminución de la diversidad biológica.

Frente a este escenario de preocupación por el medio ambiente, se busca el establecimiento de sistemas de producción pecuarios de manera sostenible, a fin de que esta actividad pueda ser socialmente beneficiosa, económicamente viable y ambientalmente adecuada. En consecuencia, el sistema agrosilvopastoril, vinculando el componente del arbóreo al ganado bovino y a los cultivos, adquiere importancia, la que tiende a ser mayor cuando se aplica en regiones con alta fragmentación de los bosques remanentes y/o de pastizales degradados (Porfirio-da-Silva, 2006).

El reconocimiento de los beneficios generados por los sistemas agrosilvopastoriles se ha incrementado y diversos tipos de sistemas estudiados por las instituciones de investigación del país están empezando a ser adoptados por los agricultores. Son muchos los modelos y arreglos que pueden ser utilizados para estos sistemas, pudiendo seleccionarse los más adecuados en función de la finalidad de la empresa, las condiciones locales y la disponibilidad de recursos financieros. Este trabajo presenta algunos resultados de la investigación y la experiencia con sistemas agrosilvopastoriles en las condiciones climáticas subtropicales de Brasil.

### El subtrópico brasileño

Las áreas de pastizales en las regiones subtropicales de Brasil están en una condición climática que determina estrés calórico en grados medios y graves al ganado sin protección arbórea u otra en el período de octubre a marzo, y la estacionalidad de la producción forrajera. En estas regiones, se utilizan para el pastoreo especies tropicales perennes, tales como los géneros *Brachiaria*, *Panicum* y *Cynodon*, entre otros. Su estacionalidad productiva típica está agravada por la ocurrencia de heladas en los períodos más frescos del año,



cuando prácticamente dejan de crecer. Además, tanto las forrajeras subtropicales como incluso otras típicas de regiones templadas, como los géneros *Hemarthria*, *Lolium*, *Lotus* y *Trifolium*, entre otros, no se desarrollan correctamente en las regiones subtropicales, donde el verano es caliente y suceden períodos estivales donde se producen condiciones de sequía (“veranitos”). Estas características son determinantes (se constituyen en “cuellos de botella”) para el desarrollo de la ganadería en estas regiones y tienen un efecto negativo sobre el desempeño de los animales.

En esta región, la agricultura (maíz, soja, trigo, frijol, arroz, etc) y la ganadería (ganado vacuno, los productos lácteos vacunos, ganadería ovina), son los sistemas dominantes de uso de la tierra (SUTs). Sin embargo, las zonas de plantaciones de monocultivos de árboles (eucalipto, pino, acacia) están creciendo rápidamente debido al aumento de la demanda de madera en los mercados nacionales y extranjeros.

A los usuarios de la tierra, se les está pidiendo cada vez más reducir el riesgo de pérdidas a través de la implementación de una mayor diversificación de la producción y/o la participación creciente en los mercados especializados (por ejemplo, los productos ecológicos). Por otro lado, la disponibilidad de los espacios naturales para la expansión agrícola se ha agotado y sus sistemas de producción están bajo presión para adoptar prácticas ambientalmente más adecuadas. Además la ganadería y la industria ganadera están siendo sometidas a presiones para adoptar sistemas de producción ecológicamente más saludables. Con la finalidad de no perder competitividad, la ganadería deberá dispensar del modelo extractivo e invertir en aquellos modelos que requieren de la aplicación de nuevas tecnologías y procesos de producción ambientalmente más ajustados, en particular en lo que respecta a la aplicación de las leyes ambientales.

#### **Actividades de EMBRAPA en sistemas silvopastoriles en el subtrópico de Brasil**

Los primeros estudios sobre sistemas silvopastoriles en el subtrópico Brasileño, realizados por la EMBRAPA - Florestas, datan de la década de 1980. Su enfoque fue el empleo del ganado en un nivel secundario, introduciéndolos en plantaciones forestales convencionales. La estrategia consistía en mejorar el flujo de efectivo en los primeros años de crecimiento forestal y obtener los beneficios del control del desarrollo de las plantas no deseadas en el soto-bosque (Baggio y Schreiner, 1988; Schreiner, 1994).

Ya en la década de 1990, se desarrollaron estudios para la introducción del componente arbóreo en las pasturas, lo que indica una preocupación por la viabilidad económica y técnica de la introducción de árboles en pasturas convencionales (Carpanezzi y Baggio, 1989; Montoya y Baggio, 1992; Montoya et al., 1994; Baggio y Porfirio-da-Silva, 1998), la sostenibilidad de los pastos y el bienestar de los animales en estos pastos.

#### **Sistemas silvopastoriles como alternativas para el desarrollo sostenible de las zonas susceptibles a la erosión y la degradación del medio ambiente en el suroeste del estado de Rio Grande do Sul**

En el sur de Brasil, en el rango de transición entre las zonas templadas y tropicales, hay extensas zonas de arenisca (aproximadamente 1,4 millones de hectáreas) con una elevada presión antrópica debido a la mayor intensidad de uso, ya sea por exceso de pastoreo, o por el empleo de prácticas agrícolas sin medidas de conservación. Esto ha generado un deterioro de los ecosistemas regionales, debido a la reducción de la cubierta vegetal, lo que facilita el proceso de erosión.

Según Souto (1994), las formaciones de arenisca características de esta región son muy vulnerables a la erosión eólica e hídrica, y que en la actualidad, varios sectores tienen un peso significativo en las áreas de la desertificación, con pérdidas significativas de especies de la flora regional (reducción de la diversidad biológica), en especial los de valor forrajero.

La degradación de la calidad ambiental promueve un efecto negativo sobre las condiciones socio-económicas y ha sido identificado como una de las causas responsables de la disminución de la calidad de vida del hombre del campo y, en consecuencia, del aumento de la pobreza en la región.

Los resultados hasta ahora indican tendencias positivas para la viabilidad de la utilización de estos sistemas en la región, a condición de que se produzcan ingresos procedentes de las cosechas de los cultivos agrícolas intercalares en los dos primeros años (tiempo que se protegen los árboles de la acción directa de los animales) o ingresos derivados del pastoreo mediante vallas eléctricas para proteger a los árboles en ese mismo período de dos años. Según Ribaski et al (2005), el crecimiento de los árboles no tuvo diferencias significativas entre los distintos tratamientos. El cuadro 1 muestra la disposición espacial del experimento en la región en 2000.

La presencia de árboles que lleva a la protección contra la erosión del suelo. Al comparar la pérdida de suelo en sistemas silvopastoriles, pastizales nativos y los cultivos de avena y maíz, los autores informaron de pérdidas significativamente menor para los sistemas silvopastoriles (Figura 1).

Cuadro 1 - Plantación en diferentes arreglos espaciales, la densidad inicial y final programada para el bosque a 20 años.

Tratamiento	Especies/Espacio	arreglo espacial	Densidad inicial (árbores/ha)	Densidad final (árbores/ha)	Comentarios
<i>Eucalyptus grandis</i>					
1	3 x 3	sólo los árboles	1.111	150 – 250	Control 1
2	(3 x 1,5) x 20	callejones con tres líneas de árboles	1.000	100 – 150	-
3	(3 x 1,5) x 40		500	50 - 100	-
<i>Pinus elliottii</i>					
4	3 x 3	sólo los árboles	1.111	150 – 250	Control 2
5	(3 x 1,5) x 20	callejones con tres líneas de árboles	1.000	100 – 150	-
6	(3 x 1,5) x 40		500	50 - 100	-
7	Pastizales sin árboles	-	-	-	Control 3

Fuente: Ribaski et al, 2005. (Modificado por el autor)

Aunque los resultados tienen una influencia en la socioeconomía de la región como la expansión de las zonas con el sistema silvopastoral, y las autoridades municipales, con el apoyo para la promoción de la actividad, los autores destacan las cuestiones que constituyen obstáculos para el desarrollo y la amplia adopción sistemas silvopastoriles en la región y aportan ideas para minimizar y/o superar estas barreras.

En general, los obstáculos señalados pueden ser superados mediante la aplicación de la promoción basada en el aumento de los conocimientos tanto de los productores como de la sociedad en general. Los principales conceptos a ser transmitidos son las especies a combinarse para lograr sistemas silvopastoriles y sus interacciones en las condiciones ambientales en la región.

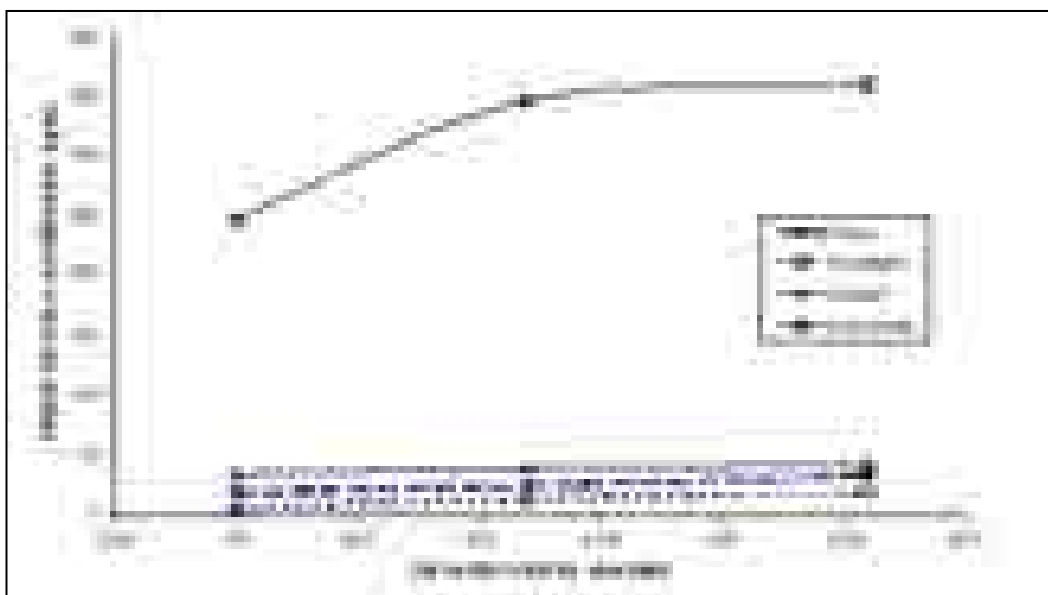


Figura 1 - Pérdida de la tierra en el período comprendido entre el 07 de julio al 20 de septiembre de 2004 en los sistemas silvopastoriles con *Eucalyptus grandis* y *Pinus elliottii* en comparación con las pérdidas que se producen en la zona de pastizales y de agricultura con el cultivo de la avena y el maíz. Fuente: Ribaski et al, 2005.

### **Selección y evaluación de especies nativas y cultivadas de pastos a los sistemas silvopastoriles en el sur de Brasil.**

Se han desarrollado pocos estudios para caracterizar y seleccionar especies forrajeras aptas a ser implementadas en sistemas silvopastoriles (Vieira et al., 2002). En este sentido, la caracterización y evaluación de forrajeras nativas y cultivadas aportará el enriquecimiento y la preservación de los recursos genéticos y generar nuevos conocimientos para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en condiciones climáticas subtropicales.

La investigación sobre el comportamiento de especies forrajeras en sistemas silvopastoriles ha concentrado sus esfuerzos principalmente en las especies cultivadas. Sin embargo, algunos estudios han indicado que existe un gran potencial para el uso de especies forrajeras nativas en estos sistemas (Ibrahim et al., 2001, Costa et al., 1999).

Un estudio en curso, utiliza 11 ecotipos nativos de los géneros *Paspalum* y uno de *Axonopus*, tres variedades *Panicum*, dos de los cultivos forrajeros de *Brachiaria*, dos cultivares del género *Arachis* y uno de *Cynodon*, *Paspalum* y *Hemarthia*. Resultados de este estudio indican que los cultivares de las especies forrajeras tropicales *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum* y la forrajera nativa *Axonopus* tienen un gran potencial de ingresos para los sistemas silvopastoriles en condiciones climáticas subtropicales (Varela, et al., 2009).

## **Red de Unidades de Referencia en Tecnología de forestación de los pastizales (URTs).**

La construcción de la red de unidades de referencia en tecnología de la forestación sobre pastizales se inició en la década de 1990. En el momento, con algunos conocimientos sobre las posibilidades de integración de los componentes de los árboles-ganado-pasto (Bird et al., 1992; Dangerfield y Harwell, 1990; Wilson, 1990; Baggio y Schreiner, 1988; Schreiner, 1987; Gonçalves y Dalla Costa, 1985, Gonçalves et al., 1985), se han creado áreas piloto en predios de productores privados. Así, se instalaron varias unidades en la región noroeste de Paraná (Porfirio-da-Silva y Mazuchowski, 1999). En Rio Grande do Sul las primeras unidades fueron implantadas en el año 2000 (Ribaski et al., 2005), aunque los estudios de caso sobre la introducción de ganado en el soto-bosque de las plantaciones comerciales de eucalipto y acacia-negra había hecho (Silva et al., 1996)

En ambas regiones el uso de la tierra es predominantemente pastoril.

Lo que difiere del concepto inicial de introducir animales a las plantaciones forestales comerciales, es el concepto de “introducir el componente forestal a las pasturas/pastizales”.

Desde entonces, son varios los estudios que se han llevado a cabo utilizando estas zonas (Menarim Filho, 2005; Ribaski et al, 2005). Estos estudios vienen , proporcionando la formación técnica en diferentes niveles de formación. Por otra parte, estos han proporcionado información técnica de extensión en diferentes niveles. Estos URT's también han sido visitados por misiones técnicas de agricultores y, en otras regiones, han sido utilizados para generar informes técnicos de las revistas de noticias y otros materiales en diferentes medios de comunicación.

Sin embargo, en otras regiones donde aún existen "ejemplos de vida" de la forestación de los pastos, es notable la falta de información y conocimientos sobre los sistemas silvopastoriles, en escala “de rutina”. Por lo tanto, un proyecto para superar la falta de información en diferentes condiciones regionales de Paraná (ADEQUAÇÃO..., 2004) y de proporcionar al mayor número de agricultores y técnicos de seguridad para la transferencia y difusión de la forestación de los pastos se llevó a cabo en el período 2004 a 2007 abarcando 16 municipios. Así, 16 nuevos URTs fueron implantados directamente en las granjas. En la actualidad la existencia de estas nuevas URT's son también producto del "efecto vecindario", promocionando la adopción de la tecnología silvopastoril en otras 27 granjas dispersas en esas ciudades y en los municipios vecinos.

Como resultado de su aplicación en el estado de Paraná, se están reproduciendo cursos de formación para los técnicos y profesionales en extensión rural. Estos consisten en introducir los conocimientos necesarios para implementar las URT's en las Provincias de San Pablo (2 cursos, 48 participantes), Santa Catarina (1 curso, 27 participantes) y Rio Grande do Sul (1 curso, 30 participantes). Estas se realizan en forma de proyectos\* asociativos EMBRAPA - Instituciones Provinciales.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Los esfuerzos de investigación realizados por la EMBRAPA y universidades de la región subtropical de Brasil, y trabajos por la extensión rural, empiezan a crear impacto. Tres décadas después de los primeros estudios. Actualmente hay grandes explotaciones silvopastoriles que pertenecen a las empresas del sector forestal. Las empresas tienen sus propios programas para alentar a que se implante sistemas silvopastoriles, si bien el desempeño del papel de la difusión de esta forma de uso de la tierra, se ve limitada por el radio dentro del cual el transporte de los productos madereros es económicamente viable. Esto significa poco en contra de la gran superficie de tierra ahora destinada solamente al pastoreo.

Es necesario implementar mecanismos a través de las políticas públicas, capaces de dirigir los esfuerzos para superar las barreras económicas y las necesidades iniciales de inversión, además de las barreras operativas, tales como la necesidad de adquirir más conocimientos tecnológicos por parte de técnicos y productores.

En el noroeste de Paraná, por ejemplo, donde hay plantados sistemas silvopastoriles desde los años 80 y los productores ya han iniciado la recolección de madera, el aumento anual medio de los sistemas silvopastoriles, en los últimos 10 años, ha sido cercano a las 600 ha/año, repartido entre 60 municipios. Sin embargo, la región no tiene un programa de incentivos capaces de incrementar la velocidad con la cual se está cambiando el patrón de uso de la tierra de pastoreos convencionales “a cielo abierto” a sistemas silvopastoriles. Paradójicamente, existe un municipio en el sur de Paraná que ha creado, dos años después de la implantación de la primera URT en 2004, una política municipal para alentar a los agricultores del sector lácteo que deseen convertir sus pastizales a sistemas silvopastoriles. Como resultado de ello, en 2007 ya había 21 nuevas áreas de pastizales arbolados.

Por último, cabe señalar que la superación de las barreras económicas, operativas y culturales que comprende la conversión de una pastura sin árboles a un sistema silvopastoril, depende del desarrollo de las políticas públicas. Estas deben incluir incentivos reales, tales como líneas de crédito a tasas de interés diferenciales, el pago por servicios ambientales recibidos por el cambio de uso de la tierra y la asistencia técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADEQUAÇÃO ambiental de sistema de produção da agricultura familiar no Paraná: paradigma para a agregação de qualidade e renda. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. Disponível em <  
<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/macro4porfirio/index.htm>>
- ASPECTOS técnicos e econômicos do sistema agrossilvipastoril com acácia-negra no Rio Grande do Sul. En: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. Anais... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1992. V. I, p. 211-219. (Elaborado pela Equipe Técnica da Tanagra S. A.)
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, O. B. Resultados preliminares de um estudo sobre arborização de pastagem com mudas de espera. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, PR: Embrapa-CNPF, 1989. p. 18-19.
- BAGGIO, A. J.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Métodos de implantação de sistemas silvipastoris na região do arenito caiué, Paraná. En: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2. No Contexto da Qualidade Ambiental e Competitividade: Resumos Expandidos.. Belém-pa.: EMBRAPA-Cpatu, 1998. v. Único. p. 189-191.
- BAGGIO, G. H.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com Pinus elliottii e gado de corte. Boletim de Pesquisa Florestal: Colombo, n. 16, p.19-29. 1988.
- BIRD, P.R.; BICKNELL, D.; BULMAN, P.A.; BURKE, S.J.A.; LEYS, J.F.; PARKER, J.N.; VAN DER SOMMEN F.J.; VOLLER, P. The role of shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock. Agroforestry Systems, 20: 59-86. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1992.
- COSTA, N. de L., TOWNSEND, C. R., MAGALHAES, J. A. and PEREIRA, R. G de A. Avaliação agrônômica de gramíneas forrageiras sob sombreamento de seringal adulto. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36. Porto Alegre: SBZ, 1999 p. 139.
- DANGERFIELD, C. W. JR.; HARWELL, R. L. An analysis of a silvopastoral system for the marginalland in the south-east United States. Agroforestry Systems, 10, p. 187-197. 1990
- ENGEL, V. L. Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações. In: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. 2003, Campo Grande. Anais... Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2003. - vols. 1 CD-ROM.
- GONÇALVES, N. J.; DALLA COSTA, J, Rendimento econômica da grevilea (Grevillea robusta) como bosque sombreador e cortina quebra-ventos. Emater:Umuarama, 8p. março 1985. (mimeografado). Não publicado.

- GONÇALVES, N. J.; DALLA COSTA, J.; YABCCZNSKI, N. R. Efeito do sombreamento de pastagem com grevilea (*Grevillea robusta*) na manutenção da matéria orgânica e mineral em solo tipo arenito. Emater:Umuarama, 7p. março 1985. (mimeografado). Não publicado.
- IBRAHIM, M.; SCHLONVOIGT, A.; CAMARGO, J. C.; SOUZA, M. Multi-strata silvopastoral systems for increasing productivity and conservation of natural resources in Central America. In: International Grassland Congress, XIX. São Pedro-SP, 2001, p. 645-649.
- MENARIM FILHO, A. Estratégias para implantação de sistemas silvipastoris no noroeste paranaense. Disponível em: <1> Acesso em: 11 de julho de 2005
- MONTOYA L. J.; BAGGIO A. J. Estudo economico da introdução de mudas altas para sombreamento de pastagens. Anais... ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL. - Curitiba : Embrapa-CNPFFlorestas, 1992. - vol. 2. - p. 171-191.
- MONTOYA L. J.; MEDRADO M. J. S.; MASCHIO L. M. de A. Aspectos de arborização de pastagens e viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. Anais... SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL, 1. - Colombo, PR : Embrapa Florestas, 1994. - p. 157-172.
- PORFÍRIO DA SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Sistemas silvipastoris: paradigma dos pecuaristas para agregação de renda. Curitiba: EMATER-Paraná, 1999. 52p. (EMATER-Paraná. Informação Técnica, 50)
- PORFIRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris para a produção de carne. In: PEDREIRA, C. G. S. et al. [Ed.] As pastagens e o meio ambiente. Piracicaba: FEALQ, , 2006. 520p. p. 297-326.
- RIBASKI, J.; DEDECEK, R. A.; MATTEI, V. L.; FLORES, C. º; VARGAS, A. F. C.; RIBASKI, S. A. G. Sistemas Silvipastoris: Estratégias para o Desenvolvimento Rural Sustentável para a Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 8p. (Série Comunicado Técnico, 150)
- ROSALES, M. M.; MURGUEITIO, E.; OSORIO, H.; SPEEDY, º; SÁNCHEZ, M. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica (Conclusiones y evaluación de la conferencia electrónica) Disponível em < <http://lead.virtualcenter.org/es/ele/conferencia1/rosale25.htm> > Acesso em 03 de abril de 2006.
- SCHREINER, H. G. Pesquisa em agrossilvicultura no Sul do Brasil: resultados, perspectivas e problemas. En: SEMINÁRIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL. Anais.... - Colombo, PR : Embrapa-CNPF, 1994. - pp. 53-64.
- SILVA, J. L. S.; GARCIA, R.; SAIBRO, J. C. Desempenho de bovinos e seus efeitos sobre as árvores em floresta de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) na região fisiográfica da Depressão Central no RS. En: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. Forest 96: volume de resumos. Rio de Janeiro: Biosfera, 1996. p. 342-345
- SILVA, J.L.S.; GARCIA,R.; SAIBRO, J.C. Desempenho de bovinos e seus efeitos sobre as árvores em florestas de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) na região fisiográfica da Depressão Central do RS. En: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., Resumos. 1996, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Biosfera, 1996. p. 342-345.
- SOUTO, J. J. Experiência na região do Alegrete no Rio Grande do Sul. En: PEREIRA, V. P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). Solos altamente suscetíveis à erosão. Jaboticabal: UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 169-179.
- VIEIRA, A. R. R.; SILVA, L. Z. da ; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; VICENZI, M. L. . Resposta de pastagens naturalizadas a diferentes níveis de sombreamento. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 10, n. 2, p. 265-271, 2002.
- VARELLA, A. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; SOARES, A. B.; MORAES, A.; OLIVEIRA, D.; SAIBRO, J. C.; LUSTOSA, S. B. C. Screening native and cultivated pasture for silvopastoral systems in Southern Brazil. En: Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles, 1., 2009, Posadas. Sistemas Silvopastoriles: una oportunidad para el desarrollo sustentable, Posadas: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2009. (Presentado)
- WILSON, J.R. The eleven hypothesis: shade. *Agroforestry Today*, (1) 2: 14-15, 1990.1) 2: 14-15, 1990.

## CONDICIONANTES A LA ADOPCION DE TECNOLOGIA EN PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES DE PINO DE MISIONES

Giancola, S. I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IES, INTA. E-mail: giancola.silvana@inta.gob.ar

### INTRODUCCIÓN

A pesar del dinamismo del sector forestal<sup>2</sup>, se observa que gran parte de los forestadores se encuentran operando por debajo de los niveles de productividad potenciales. Si bien existen tecnologías probadas y disponibles para la región, los pequeños y medianos productores, por diferentes razones no las adoptan, verificándose brechas de productividad del 17% al 40%, no atribuida a factores agroecológicos.

En este sentido, adquiere especial interés la identificación del origen y la naturaleza de los condicionantes de la adopción de tecnología de pequeños y medianos forestadores (de 10 hasta 250 ha), donde se espera que mejoras productivas puedan favorecer, además del incremento del volumen y calidad, la competitividad de ese segmento de productores y generar un impacto social significativo.

El presente trabajo de investigación realizado con enfoque cualitativo, muestra un diagnóstico de la percepción de los productores de las causas que afectan la adopción de tecnologías. El estudio es aplicado al caso de los productores forestales de pino en el Noroeste y Centro de Misiones, enmarcado en la ejecución del Proyecto Específico de INTA AEES 303532 “Estrategias de intervención para mejorar el acceso a la tecnología del sector productor”<sup>3</sup>.

### METODOLOGÍA

Se trabajó en dos instancias de convocatoria:

Primera etapa con técnicos: Se convocó a profesionales de INTA, trabajando de manera participativa y consensuada. Se identificaron 17 tecnologías críticas (TC), definidas así por su impacto significativo sobre la productividad, calidad, aspectos sociales y ambientales<sup>4</sup>.

Segunda etapa con productores: Se realizaron cuatro grupos focales con productores de 8-10 a 250 hectáreas forestadas con pino. Dos grupos en Montecarlo (23 productores en total) y otros dos grupos en Aristóbulo del Valle (14 productores), con el fin de indagar condiciones de la adopción de tecnología.

---

<sup>2</sup> En Argentina, las provincias de Misiones y Corrientes disponen del 82% de las plantaciones forestales del género *Pinus* del país. En el año 2009 la superficie forestada en Misiones superaba las 360.000 ha, de las cuales el 87% corresponde al género *Pinus*.

<sup>3</sup> Integrantes del equipo de investigación: Silvana I. Giancola (Coordinación de Proyecto Específico AEES 303532 – IES-INTA), Luis Colcombet (investigador EEA Montecarlo, INTA), Hugo Fassola (investigador EEA Montecarlo, INTA), Patricia Egolf (investigadora EEA Montecarlo, INTA), Valeria Lavecini (extensionista EEA Cerro Azul, INTA), Silvina Di Giano (investigadora independiente, colaboradora externa del Proyecto Específico AEES 303532).

<sup>4</sup> Tecnologías críticas definidas en el Proyecto Específico INTA AEES 303532 Estrategias de intervención para mejorar el acceso a la tecnología en el sector productor.

## RESULTADOS

### Análisis contextual

De modo espontáneo se relaciona la actividad con sacrificio, vínculo afectivo y para algunos, medio de subsistencia, y para los de menor escala como una caja de ahorro. Se señalan como tendencias el incremento en el ritmo de forestación, los avances genéticos y la ampliación/expansión de la escala de producción mínima para subsistir con esta actividad (300-700 ha).

Los productores expresan preocupación por las demoras en la cobranza de los planes forestales (Ley 26.432), la optimización del aprovechamiento de la madera, la necesidad de industrias que absorban la sobreoferta de rollizos en la región. Asimismo, se detecta incertidumbre en cuanto a la rentabilidad de las plantaciones por incrementos en costos de implantación, mano de obra y precio de la tierra.

### Análisis de las tecnologías críticas

Control de malezas hasta lograda la plantación. Se evidencia en los productores conocimiento de la importancia de esta práctica y uso generalizado. Cabe mencionar, que algunos productores emplean la quema para reducir costos. Así también, hay productores que no realizan el control en el momento oportuno por falta de tiempo o porque sostienen un enfoque de “costo mínimo”.

Control hormigas hasta el logro de plantación. Como condicionantes a la adopción surgen el desconocimiento de las dosis de hormiguicidas, escasez de tiempo para realizar monitoreos y la reinfestación desde terrenos aledaños. En este sentido, no existe consenso entre ellos sobre la forma más eficaz de controlar la plaga. Por ello reclaman asistencia y apoyo del INTA.

Material genético superior. Si bien los productores reconocen la importancia del material genético, en general optan por reducir costos de implantación empleando material de origen desconocido. Además, se evidencia que en general no reservan con tiempo los plantines “superiores” en el vivero. Se advierte que la disponibilidad de mano de obra temporal calificada condiciona la capacidad para planificar en tiempo y forma la preparación del terreno. Otro factor crítico es la desconfianza y desinformación general respecto al material que adquieren (en general no reciben certificado y éste es de elevado costo para la escala de productores focalizados en este estudio).

Calidad de plantines. En general no surge de las respuestas obtenidas que los productores conozcan todos los atributos del plantín de calidad. Adquieren los plantines disponibles al momento de realizar la implantación (no realizan pedidos con anticipación) y ese retraso deriva en la adquisición de un remanente de menor calidad. Por otra parte, no se clasifican los plantines por tamaño y calidad en el campo antes de plantar.

Extensión de la época de plantación (tubetes, gel hidratante y/o subsolado profundo). Pocos productores realizan la totalidad de la implantación con tubetes; prefieren reducir costos plantando en la época clásica a raíz desnuda, recurriendo sólo a los tubetes y gel en los replantes. No se observa uso del subsolado y es escaso el conocimiento de los beneficios de su empleo.

Densidad de plantación. Los productores presentan visiones diferentes, pero en general surgen cuestiones actitudinales y de costumbre que llevan a los productores a preferir densidades altas.



Poda con control de diámetro sobre muñones (DMSM). En general los productores expresan retrasos en las actividades de podas por escasez de capital circulante (que no se resuelve con el subsidio de poda porque se cobra con posterioridad), dificultades en la planificación de tareas silviculturales y en conseguir mano de obra calificada. Aunque se señalan las desventajas de retrasar la poda, en general se desconocen los efectos sobre la calidad y no surge de las respuestas el conocimiento y uso de DMSM. Hay cuestionamientos sobre la rentabilidad de la poda y percepción de elevado costo.

Poda con control de intensidad. En general, los productores expresan que en la primera poda no respetan el porcentaje de copa viva remanente, más bien lo superan para retrasar la siguiente poda y así reducir costos. En las siguientes podas, la altura está limitada en muchos casos por la herramienta que emplean, los costos y la desmotivación ocasionada por la subvaloración actual de la madera de calidad.

Herramienta de poda, tijera eléctrica. En general los productores utilizan el serrucho para la poda y algunos usan motosierra. Resaltan que los mejores resultados se obtienen con la tijera eléctrica, pero la principal razón de no adopción es financiera: elevada inversión inicial en tijeras y escaleras, combinada con ingresos diferidos en el tiempo.

Raleo. Control de intensidad y oportunidad. Se observan productores que adoptan por criterio ralear un número determinado de árboles, mientras que otros privilegian las mejores plantas en detrimento de la distribución, lo cual conlleva a una distribución dispar de plantas por hectárea. Asimismo, no se percibe el seguimiento de un patrón de trabajo planificado. En general retrasan el raleo por variables económicas, principalmente el no comercial porque no aporta ingresos, salvo quienes reciben subsidio por raleo muerto (Plan Forestal). Afecta también la implementación del raleo, el vínculo emocional que mantiene el productor con el “árbol”. En Aristóbulo del Valle expresan algunos productores que buscan evitar el primer raleo temprano, debido a la inexistencia de una planta celulósica/trituración cercana.

Tala rasa. Optimización del turno de corte. Los criterios de decisión se basan principalmente en necesidades económicas (familiares, salud, urgencias, otras necesidades de ingresos). El pequeño volumen de producción limita el poder de negociación. Quienes realizan la tala rasa por cuenta propia enfrentan dificultades de “ajustar el corte” a los requerimientos de los aserraderos en tiempo y/o forma.

### **Aspectos críticos adicionales señalados por los productores como expresiones espontáneas**

De modo espontáneo y con mucha preocupación los productores de Montecarlo manifiestan como crítica la posible propagación de la avispa del Sirex proveniente de plantaciones de Corrientes, donde la industria de Misiones adquiere materia prima.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Los productores consultados asocian el cultivo con una caja de ahorro y en menor medida como un medio de subsistencia. Esto se debe, en parte, a la incertidumbre que visualizan en relación a la rentabilidad de la producción primaria de pino, fundada en los incrementos de los costos y la sobreoferta de materia prima a nivel regional. Asimismo, se advierten dificultades para obtener mano de obra especializada.

La subvaloración de madera *clear*<sup>5</sup> surge como un punto crítico, dado que genera desincentivo para la producción de madera de calidad. Esta situación condiciona la adopción de tecnologías como la poda y raleos intensivos.

---

<sup>5</sup> Madera libre de nudo, como atributo de calidad.

En general se detecta que los productores sostienen un enfoque de “costo mínimo” y, vinculado a ello, el desconocimiento del impacto de adopción de muchas tecnologías indagadas y se observa falta de optimización de tecnologías intensivas en conocimiento, lo cual implica desafíos para instituciones vinculadas a la extensión.

No establecen objetivos de producción/aprovechamiento al realizar forestación, dado que en general se moldea la plantación en función de expectativas de mercado (O/SC). Asimismo, no se perciben claramente las ventajas de poda y raleo en función de objetivos de aprovechamiento.

La problemática con las hormigas en la región requiere profundizar líneas de investigación. Finalmente, la metodología utilizada permitió detectar la problemática presente en los productores y diferencias de visión entre éstos y los técnicos, en cuanto a la importancia o criticidad de muchas prácticas. En este sentido, los resultados de este estudio constituyen un aporte al diseño de estrategias específicas de intervención con enfoque territorial.

## **Bibliografía**

- Cap, E. Y O. Miranda. 1993. Análisis ex-ante de impactos de la investigación agrícola en la Argentina para Siete Rubros Productivos en Escenarios Alternativos. Simposio Internacional la Inv. Agrícola en la República Argentina: Impactos y Necesidades de Inversión. Eds. F. M. Cirio y A. J. P. Castronovo. Bs.As, Argentina. Pp. 299-316.
- Cap, E. J., Giancola, S. I., y Malach, V. (2010). Las limitaciones de las estadísticas ganaderas en los estudios de productividad en Argentina: las encuestas a informantes calificados como fuente complementaria de datos. El caso de la provincia de San Luis. XLI Reunión Anual de la AAEA, Potrero de los Funes, San Luis.
- Colcombet, Luis. Coeficientes técnicos para lograr plantaciones y podas forestales en Misiones y NE de Corrientes. XIII Jornadas Forestales y Ambientales de Eldorado. Eldorado, Misiones 5-7 de Junio de 2008.
- Colcombet, L., Egolf, P., Giancola, S., Fassola, H., Lavecini, V., Di Giano, S. (2013) Causas que afectan la adopción de tecnologías en pequeños y medianos productores de pino en misiones. Enfoque cualitativo.
- Giancola, S.I.; Calvo, S.; Sampedro, D.; Marastoni, A.; Ponce, V.; Di Giano, S.; Storti, M.G. (2013). Causas que afectan la adopción de tecnología en la Ganadería Bovina para carne de la Provincia de Corrientes. Enfoque cualitativo. Serie Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología N° 2. Ediciones INTA. 59 p.
- Kitzinger, j. Introducing focus groups. Bmj publications, vol. 311. London, 1995. P. 299-302. Disponible en: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2550365/pdf/bmj00603-0031.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2550365/pdf/bmj00603-0031.pdf) acceso en: 9 may. 2013.
- Long, N. 2007. Sociología del desarrollo: una perspectiva centrada en el actor. México. Ciesas. 499 pp.
- Marsh, S. (2010) Adopting innovations in agricultural industries. Abare outlook 2010. Session: productivity. Canberra, Australia.
- Rehman, T.; Mekemey, K.; Yates, C..M.; Cooke, R..J.; Garforth, C.J.; Tranter, R.B.; Park, J.R. Y P.T. Dorward. 2007. Identifying and understanding factors influencing the uptake of new technologies on dairy farms in SW England using the theory of reasoned action. *Agricultural Systems*, 94: 281 - 293.
- Taylor, S. Y R. Bodgan. 1990. Introducción a los Métodos Cualitativos de investigación. Buenos Aires. Paidós.
- Vasilachis de gialdino, i. Métodos cualitativos i. Los problemas teórico-epistemológicos. Centro editor de America Latina. Buenos Aires, 1992. 54 p.

**MELHORAMENTO GENÉTICO DO EUCALIPTO**

Teotônio Francisco de Assis

**[assisteo@terra.com.br](mailto:assisteo@terra.com.br)**

**LOS ASPECTOS SOCIALES DEL MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE: LA RELACIÓN ENTRE VALORES, NORMAS, ACTITUDES Y COMPORTAMIENTO RESPECTO A LAS PLANTACIONES FORESTALES**

Norma Hilgert<sup>1,2</sup>; L. Cariola<sup>1,2,3</sup>; A.E. Izquierdo<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Biología Subtropical, Facultad de Ciencias Forestales, UNaM-CONICET. Bertoni 85. (3370) Puerto Iguazú. Misiones. Tel: 03757.42351. e-mail: normahilgert@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico (CeIBA).

<sup>3</sup> CEDIT. Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica

<sup>4</sup> Instituto de Ecología Regional, Universidad Nacional de Tucumán- CONICET

El incremento de plantaciones forestales es el cambio de uso de la tierra más notable en Misiones; el que ha generado un diversificado escenario de manejo. Las colonias del norte de la provincia ofrecen un escenario apropiado para analizar la relación entre ese desarrollo productivo y el bienestar de la población local. Considerando que diferentes Modelos de Manejo Forestal (MMF) tendrán diferentes implicancias en procesos socioculturales y productivos de las comunidades locales, y que el bienestar es un concepto intrínseco a cada individuo, analizamos el efecto de estos cambios desde la concepción de los pobladores. Consideramos al paisaje como un fenómeno biocultural (es decir un ambiente físico-cultural e históricamente determinado) y analizamos los cambios de gestión familiar, y comunitaria, como parte de las respuestas adaptativas a los cambios (resiliencia socioecológica). Se analizan además herramientas que podrían incorporarse en el futuro y se exponen los principales resultados hallados hasta el presente.

**CAMBIOS CLIMÁTICOS Y BOSQUES EN ARGENTINA: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES**

- <sup>1.</sup> Villalba, R.; Srur, A. M.; Mundo, I. A.; Amoroso, M.; Morales, M. S.; Rodríguez Catón, M. R.; Suarez, M. L.; Ferrero, M. E.; Bianchi, E.; Lopez, L.; Casteller, A.; Boninsegna, J. A.
- <sup>1.</sup> IANIGLA, CCT-CONICET-Mendoza, Argentina e-mail: [ricardo@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:ricardo@mendoza-conicet.gob.ar)

Existe a nivel global una creciente preocupación sobre los efectos que los cambios climáticos recientes y futuros previstos en relación al calentamiento global puedan tener sobre los ecosistemas forestales. El clima modula en forma directa los procesos fisiológicos asociados con el crecimiento de los árboles e indirectamente influye sobre la frecuencia, magnitud y extensión de los disturbios que afectan a los bosques. A su vez, estos cambios climáticos deben ser considerados en un contexto de incremento sostenido en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y de su potencial efecto en la eficiencia del uso del agua por las plantas.

Las variaciones climáticas ocurridas en las últimas décadas han afectado los ritmos de crecimiento de las principales especies nativas de Argentina y los regímenes de disturbios que afectan esas masas boscosas. En esta presentación, se analizarán eventos climáticos recientemente acontecidos en diferentes regiones del país, que serán interpretadas en el contexto de los últimos siglos, proveyendo evidencias de cambios en los rangos naturales de variabilidad climática y de sus impactos en los bosques. Se explorarán las relaciones entre la variabilidad climática y el crecimiento de algunas especies características de los bosques nativos durante el último siglo, haciendo énfasis en las conexiones entre eventos climáticos extremos (como sequías) y su impacto en los ecosistemas. En base a las simulaciones provenientes de los modelos de Circulación General de la Atmósfera se discutirán los escenarios potenciales de crecimiento radial, como una medida de la productividad forestal regional durante el siglo XXI, y los efectos que los cambios climáticos tendrían sobre los regímenes de disturbios en los bosques argentinos.



**Authors**

Ana M. Srur, Mariano M. Amoroso, Alejandro Casteller, Mariano S. Morales, Ignacio A. Mundo, Milagros R. Rodriguez Caton, M. Laura Suarez, and Ricardo Villalba

Institute of Nivology, Glaciology and Environmental Sciences, National Council for Scientific and Technical Research, Mendoza, Argentina

Across the Patagonian Andes, drought events are one of the major factors influencing dynamics of the extensive *Austrocedrus chilensis*, *Nothofagus dombeyi* and *N. pumilio* forests in northern Patagonia. These events have been associated not only with episodic tree mortality but also have triggered forest decline at the regional scale.

Increasing summer temperatures appear to be the major cause for changes in the growth and mortality patterns in southern Patagonia's *N. pumilio* forests during the 20th century. An abrupt increase in mortality rates at the xeric forest-steppe border coincided with more frequent drywarm events over the last three decades. Higher temperatures have also significantly influenced the frequency, intensity and magnitude of *Ormiscodes amphimone* outbreaks in these forests.

Trees affected by this moth exhibited complete defoliation and an abrupt reduction in growth in the years following insect attacks in 1998, 2003, and 2005.

In the upper-elevation *N. pumilio* forests, avalanches are a major forest disturbance. The frequency and intensity of avalanches have been related to regional variations in winter precipitation during the 20th century. In years with large avalanche activity, the atmospheric circulation patterns showed features typically associated with the cold phase of the El Niño-Southern Oscillation.

Climate model simulations suggest that even warmer and drier conditions will prevail over the Patagonian Andes during the 21st century. Consequently, both the number of avalanches and the area affected by forest decline due to drought and insect infestations can be expected to increase in the near future.



### **Servicios ecosistémicos hídricos: estudios de caso en América Latina y el Caribe**

#### **El cambio climático y los servicios del agua en la Cordillera de los Andes**

Jose A. Boninsegna <sup>a\*</sup>, Ricardo Villalba <sup>a</sup>, Rocio Urrutia <sup>b,c</sup>

<sup>a\*</sup> Autor de Correspondencia: a Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, Casilla de Correos 330, 5500 Mendoza Argentina. Tel: 054 261 524 4225, E-mail: pbonin@mendoza-conicet.gob.ar

<sup>b</sup> Laboratorio de Dendrocronología y Cambio Global, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

<sup>c</sup> Environmental Change Institute, School of Geography and the Environment, University of Oxford, UK.

**GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS: LA EXPERIENCIA DE RECOMPOSICIÓN DE MATAS CILIARES Y LA VINCULACIÓN CON LOS MUNICIPIOS Y ACTORES LOCALES**

**Friedrich, N. M.** <sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Itaipu Binacional. e-mail: [nelton@itaipu.gov.br](mailto:nelton@itaipu.gov.br) / [neltonmf@yahoo.com.br](mailto:neltonmf@yahoo.com.br)  
<http://www.cultivandoaguaboa.com.br/>

Em 2003, a Itaipu Binacional definiu para si uma nova e ampliada missão. Além da geração de energia, introduziu e enfatizou a responsabilidade social e ambiental. Para implementar essa missão criou o programa Cultivando Água Boa, composto por 20 programas e 65 ações a serem desenvolvidas em toda a região de influência da hidrelétrica, a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, que abrange 29 municípios, área de cerca de 8.000km<sup>2</sup> e mais de 1 milhão de habitantes. Antes, no Brasil, as ações se limitavam aos 16 municípios lindeiros ao reservatório.

O programa é inspirado em documentos como a Carta da Terra, Agenda 21, Metas do Milênio, nas recomendações da Conferência Nacional do Meio Ambiente e no princípio da Ética do Cuidado.

Sua aplicação se pauta pelo critério da gestão por bacia e por uma metodologia eminentemente participativa, envolvendo as comunidades na identificação dos passivos ambientais, na definição e execução das ações corretivas necessárias.

A operacionalização é assentada em ampla parceria entre a Itaipu, prefeituras, órgãos públicos e privados, proprietários, entidades sociais, universidades e escolas, cooperativas, empresas, pessoas. Representantes dos parceiros de cada bacia formam o Comitê Gestor, legalmente instituído, para administrar a execução das ações.

O alicerce do Cultivando Água Boa é a educação ambiental para a sustentabilidade, implementada por uma rede de educadores com atuação permanente na região. As ações, mediante projetos específicos, contemplam setores das comunidades em situação crítica, apoio e incentivo à agricultura familiar orgânica, diversificação de culturas, aquicultura e pesca, práticas conservacionistas de água e solo (plantio direto, adequação de estradas, reconstituição da mata ciliar e instalação de cerca de proteção, instalação de abastecedouros (de água) comunitários, adequação de instalações agropecuárias, despoluição de rios, entre outras.

O reconhecimento nacional e internacional do Programa Cultivando Água Boa comprova o resultado do esforço integrado entre Itaipu, parceiros e comunidades, além de demonstrar concretamente que é possível aliar desenvolvimento com equilíbrio socioambiental.

É a natureza que nos move. É a natureza que nos permite gerar energia. Sem água, não há hidroeletricidade, muito menos vida. E para conservar a riqueza natural que nos cerca, Itaipu não mede esforços.



Hoje, onze anos depois de desencadeado o processo, uma nova fisionomia socioambiental já começa a se desenhar na Bacia do Paraná 3: é a sustentabilidade em construção, resultante da sinergia das pessoas de Itaipu, parceiros, comunidade, ONGs, instituições governamentais, iniciativa privada, entre outros, em prol da qualidade de vida, preservação e conservação ambiental e da ética do cuidado.

**USO ESTRUCTURAL DE LA MADERA. CRITERIOS ADOPTADOS POR EL  
REGLAMENTO CIRSOC 601, SU MANUAL DE APLICACIÓN Y LA NORMATI-  
VA DE ACOMPAÑAMIENTO. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL SISTEMA**

**Peter, J. C. <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>. UTN. Facultad Regional Concepción del Uruguay. Entre Ríos. e-mail: [pi-terj@frcu.utn.edu.ar](mailto:pi-terj@frcu.utn.edu.ar)

**RESUMEN**

Se analizan los requisitos indispensables para el uso exitoso de la madera estructural y las razones técnicas y económicas que los fundamentan. Se destaca dentro de esos requisitos la normalización, tanto de la clasificación por resistencia del material, como de las reglas de diseño estructural.

Se describen los avances logrados en el país en ese aspecto y el largo trayecto que falta recorrer. Se analizan las interrelaciones entre los sectores científico-tecnológico, educativo, productivo y profesional que es necesario activar para generar un círculo virtuoso que gradualmente mejore la situación actual.

## **SESIONES ORALES y TRABAJOS**

**PRODUCCIÓN DE SEMILLAS E INSTALACIÓN DE PLÁNTULAS EN BOSQUES PRIMARIOS Y APROVECHADOS DE *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser DESPUÉS DE LOS PRIMEROS AÑOS DESDE LA COSECHA**

**SEED PRODUCTION AND SEEDLING RECRUITMENT IN PRIMARY AND HARVESTED *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser FORESTS AFTER THE FIRST YEARS OF CUTTINGS**

**Ana D. Torres<sup>1\*</sup>; G.J. Martínez Pastur<sup>2</sup>; J.M. Cellini<sup>1</sup>; M.V. Lencinas<sup>2</sup>; M.D. Barrera<sup>1</sup>; R. Soler<sup>2</sup>; R. Díaz-Delgado<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigaciones de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA-UNLP). Diagonal 113 n° 469 (1904) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET). Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

<sup>3</sup>Laboratorio de SIG y Teledetección, Estación Biológica de Doñana (CSIC). Av. Américo Vespucio s/n (41092) Sevilla, España.

\*Autor de correspondencia. Tel.: +54-221-4271442. E-mail: [anadeliaats@gmail.com](mailto:anadeliaats@gmail.com).

**Resumen**

Las propuestas de cosecha para *Nothofagus pumilio* proponen abrir el dosel para estimular la regeneración natural modificando la luz y humedad del suelo. La producción de semillas y plántulas instaladas definirán el éxito de la propuesta silvícola. El objetivo fue analizar la producción de semillas, cantidad de plántulas y eficiencia de instalación en bosques primarios y aprovechados mediante retención variable. Se utilizaron datos de las parcelas permanentes (n=72) (2007-2014) en Tierra del Fuego. Se caracterizó la estructura forestal y las semillas (2006-2013). Los resultados muestran que la estructura del bosque se modifica luego de la cosecha, influyendo sobre la producción de semillas y el establecimiento de plántulas. La producción de semillas y la cantidad de plántulas instaladas estuvo en relación a la cobertura de copas y a la lluvia de semillas, pero la eficiencia de instalación no se vio afectada por la cosecha.

**Palabras claves:** regeneración, manejo forestal, cobertura de copas, Tierra del Fuego.

**Summary**

Harvesting proposals for *Nothofagus pumilio* forests are based on canopy opening to stimulate natural seedlings modifying light and soil moisture. Seed production and established seedling will define the success of the harvesting proposal. The objective was to analyse seed production, seedling recruitment and establishment efficiency in primary and harvested forests through variable retention. Data of permanent plots was used (n=72) (2007-2014) located in Tierra del Fuego. Forest structure and seed production (2006-2013) were also measured. Results indicate that harvesting modify the forest structure, that influence over seed production and seedling recruitment. Seed production and quantity of seedlings were related to crown cover and seed production, however, establishment efficiency was not affected by the harvesting.

**Key-words:** regeneration, forest management, crown cover, Tierra del Fuego.

## Introducción

Los bosques de *Nothofagus pumilio* se regeneran principalmente a partir de semillas, y eventualmente a partir de propagación agámica en condiciones extraordinarias, e.g. límite del bosque en las montañas (Ivancich *et al.*, 2012). La dinámica natural predominante en los bosques productivos previos a las intervenciones, se basan principalmente en la dinámica de claros (Rebertus y Veblen, 1993), donde la regeneración pre- y post-disturbio crece abundantemente donde se produjo la apertura del dosel arbóreo (Gutiérrez, 1994). Las prescripciones silvícolas de cosecha del bosque se basan en abrir el dosel para estimular la instalación y crecimiento de la regeneración natural modificando los niveles de disponibilidad de luz y humedad del suelo del bosque (MartínezPastur *et al.*, 2011a).

Los primeros años después de la cosecha son determinantes para el establecimiento de la regeneración que va a recuperar la estructura forestal de los bosques aprovechados (Martínez Pastur *et al.*, 2011a; 2011b). Por otra parte, los patrones de producción de semillas son altamente variables entre años a escala de rodal ni de paisaje (Martínez Pastur *et al.*, 2013), habiéndose citado la presencia de ciclos para el género *Nothofagus* (Monk y Kelly, 2006) donde los niveles de variación entre años es de alta variabilidad (Kelly y Sork, 2002). Los niveles de disponibilidad de luz y humedad del suelo, así como el grado de protección que ofrece el dosel remanente en los bosques aprovechados, está determinado por el tipo de cortas a los que se ven sometidos los bosques (Martínez Pastur *et al.*, 2011a; 2011b). La diversidad de microambientes que ofrecen las cortas con retención variable, que combina retenciones agrupadas (agregados) con retención de árboles dispersos, influye sobre la regeneración, tanto en su establecimiento y supervivencia como en el crecimiento, al generar una influencia diferencial (positiva o negativa) de acuerdo con los micro-sitios que se consideren (e.g. dentro de los agregados de retención, dentro del área de influencia de los agregados o en sectores cosechados lejos de la influencia de los agregados) (Bloody Titus, 2010; Martínez Pastur *et al.*, 2012). El objetivo de este trabajo fue analizar la producción de semillas (SEM), la cantidad de plántulas que se instalan (INS) y la eficiencia de instalación (EF) (número de plántulas en relación a la lluvia de semillas) en bosques primarios y aprovechados mediante retención variable de *Nothofagus pumilio*, evaluando los primeros 10 años después de la corta. Con este estudio se intentan responder las siguientes preguntas sobre la producción de semillas, la instalación de plántulas y la eficiencia de instalación: (1) ¿existe una respuesta diferencial en los distintos ambientes generados por la cosecha mediante retención variable en comparación con un bosque primario sin intervención?; (2) ¿existe una variación relacionada a los años después de las intervenciones en los distintos ambientes generados por la cosecha mediante retención variable?; y (3) ¿la instalación de plántulas y la eficiencia de instalación varían con la magnitud de la lluvia de semillas?.

## Materiales y métodos

La toma de datos se realizó en un bosque puro de *Nothofagus pumilio* localizado en la Isla Grande de Tierra del Fuego (Argentina), cosechado mediante el método de retención variable (MartínezPastur *et al.*, 2011b). Este método retiene parte de la estructura forestal original, dejando retenciones agrupadas (un agregado circular de 30 m de radio por hectárea) y árboles dominantes dispersos ( $10-15 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  de área basal) distribuidos homogéneamente entre los agregados después de la cosecha. El bosque está localizado en la Estancia Los Cerros ( $54^{\circ}18' \text{ S}$ ,  $67^{\circ}49' \text{ O}$ ), y presenta una calidad de sitio media, con un volumen previo a la corta de  $700-900 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  y alturas dominantes que varían entre 22-24 m. Este bosque forma parte de una serie de estudios de largo plazo dentro de la red de parcelas permanentes de ecología y biodiversidad de ambientes naturales en Patagonia Austral (PEBANPA).

Para este estudio se utilizaron datos de las parcelas permanentes de regeneración (500 x 20 cm) establecidas en bosques primarios sin intervención (BP) (n=18) como situación control, y bosques aprovechados mediante retención variable (n=54) en 2004. En los bosques aprovechados las parcelas cubren tres situaciones distintas de acuerdo con los diferentes grados de retención (ver Martínez Pastur *et al.*, 2011b): (i) dentro de los agregados de retención (RA) (n=18), (ii) en la retención dispersa pero bajo la influencia de la retención agregada (<20 m desde el borde de los agregados) (RDI) (n=18), y (iii) en la retención dispersa fuera de la influencia de la retención agregada (RD) (n=18). Durante la época estival (segunda quincena de enero) se realizaron conteos de instalación de plántulas desde 2007 a 2014. Asimismo, junto a cada parcela se colocó una trampa de semillas (50 x 30 cm), recolectando y realizando el conteo de las mismas durante el mes de mayo de cada año desde 2006 a 2013. La eficiencia de instalación (EF) se estimó como el número de plántulas establecidas en relación a la lluvia de semillas de cada parcela. Finalmente, en cada parcela se tomaron datos de altura dominante (AD) mediante un hipsómetro laser (Impulse Laser Rangefinder de Laser Technology, USA), y área basal (AB) mediante un dendrómetro laser (Criterion RD-1000 de Laser Technology, US) empleando un K que varió entre 1 y 6. El volumen total con corteza (VTCC) se estimó mediante fórmulas que utilizan al área basal y la calidad de sitio como variables independientes. Para la estimación de la cobertura de copas (CC) y el índice de área foliar relativo (IAFR) integrado sobre el zenit un ángulo entre 0° y 60°, se emplearon fotos hemiesféricas tomadas a 1 m de altura mediante el uso de un lente ojo de pescado marca Sigma (Japón) 8mm montado en un cuerpo de cámara digital de 35 mm marca Nikon (Japón). Para su análisis se empleó el software Gap Light Analyzerv.2.0. El programa fue suplementado con una proyección de la distorsión provista por el fabricante del lente, y una grilla de división del cielo compuesta por 20 azimuts y 4 regiones de cenit.

Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) simples considerando: (i) los distintos tipos de bosques (BP, RA, RDI, RD) para analizar las variables de estructura forestal y del dosel (AD, AB, VTCC, CC e IAFR); (ii) los distintos tipos de bosques (BP, RA, RDI, RD) para analizar los datos de semillas y regeneración (SEM, INS, EF); y (iii) los años después de la cosecha (3 a 10 años) para analizar los datos de semillas y regeneración (SEM, INS, EF). Se realizó un ANDEVA múltiple considerando los tipos de bosque (BP, RA, RDI, RD) y la producción relativa de semillas de acuerdo a la magnitud de caída (1=baja, 2=media, 3=alta) para analizar los datos de semillas y regeneración (SEM, INS, EF). Para detectar diferencias entre las medias se utilizó al test de Tukey ( $p < 0,05$ ) para realizar las comparaciones.

## Resultados

Se detectaron diferencias significativas en todas las variables analizadas (Tabla 1). La altura dominante fue levemente superior en los bosques aprovechados (aprox. 24,0 m) respecto que los bosques primarios sin intervención (22,2 m). El AB y el VTCC fueron mayores en los bosques primarios, intermedios en la RA y menores en los bosques aprovechados (RDI y RD) sin presentar diferencias significativas entre estos últimos. En el caso de la cobertura de copas, también se detectaron diferencias entre los bosques aprovechados, observándose un gradiente desde el interior de los agregados de retención hasta los lugares más alejados dentro de la retención dispersa. Finalmente, el índice de área foliar relativo no presentó diferencias entre BP y AR que fueron significativamente mayores que los bosques aprovechados (RDI y RD).

Al analizar todos los años en conjunto, se encontraron diferencias significativas en la producción de semillas para los distintos tipos de bosques (**Tabla 2**), donde los mayores valores se encontraron en el bosque primario respecto de la retención agregada respecto de los bosques cosechados (RDI y RD).

La instalación de plántulas también presentó diferencias significativas, diferenciándose el bosque primario del resto de los tratamientos (RA, RDI y RD). Finalmente, no se encontró diferencias en la eficiencia de instalación al considerar todos los años medidos en su conjunto (**Tabla 2**). Sin embargo, al considerar las variaciones interanuales para todos los tratamientos en su conjunto del bosque aprovechado (RA, RDI, RD) (**Tabla 3**) se detectaron diferencias significativas entre años para las tres variables analizadas. Estas diferencias no siguen un patrón uniforme, donde pueden observarse años de alta (e.g. año 4 después de la cosecha) o de baja (e.g. año 9 después de la cosecha) producción de semillas.

**Tabla 1:** Estructura forestal (AD = altura dominante, AB = área basal, VTCC = volumen total con corteza, CC = cobertura de copas, IAFR = índice de área foliar relativo) para el bosque primario sin intervención (BP) y los bosques aprovechados mediante retención variable (RA=retención agregada, RDI= retención dispersa con influencia de RA, RD= retención dispersa sin influencia de RA).

Table 1: Forest structure (AD = dominant height, AB = basal area, VTCC = total over bark volume, CC = crown cover, IAFR = relative leaf area index) for primary forests (BP) and harvesting forests with variable retention (RA=aggregated retention, RDI= dispersed retention with influence of RA, RD= dispersed retention without influence of RA).

	AD (m)	AB (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	VTCC (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	CC (%)	IAFR
BP	22,2a	75,4c	857,1c	88,2d	2,51b
RA	23,9b	45,2b	597,6b	80,3c	2,30b
RDI	24,0b	12,3a	194,0a	51,2b	0,62a
RD	24,0b	8,5a	138,8a	44,5a	0,39a
<i>F(p)</i>	3,70(0,016)	107,23(<0,001)	79,31(<0,001)	231,85(<0,001)	275,60(<0,001)

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a p <0,005 mediante el test de Tukey.

**Tabla 2:** ANDEVAs para la producción de semillas (SEM), cantidad de plántulas instaladas (INS) y eficiencia de instalación (EF) para el bosque control (BP) y los bosques aprovechados mediante retención variable (RA=retención agregada, RDI= retención dispersa con influencia de RA, RD= retención dispersa sin influencia de RA).

Table 2: ANOVAs analysing seed production (SEM), seedling recruitment (INS) and efficiency of establishment (EF) for primary forests (BP) and harvesting forests with variable retention (RA=aggregated retention, RDI= dispersed retention with influence of RA, RD= dispersed retention without influence of RA).

	SEM (mill.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	INS (n.m <sup>2</sup> .año <sup>-1</sup> )	EF (%)
BP	10,98c	28,0b	1,46
RA	8,29b	13,2a	1,68
RDI	2,62a	3,3a	1,66
RD	1,47a	1,9a	1,39
<i>F(p)</i>	41,06(<0,001)	14,89(<0,001)	0,08(0,971)

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a p <0,005 mediante el test de Tukey.

Al considerar las variables de regeneración (INS y EF) respecto de la producción relativa de semillas (en BP se consideró 1 = 0-3, 2 = 3-12, y 3 = >12 millones.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; en RA se consideró 1 = 0-3, 2 = 3-10, y 3 = >10 millones.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; en RDI se consideró 1 = 0-0,8, 2 = 0,8-2,5, y 3 = >2,5 millones.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; en RD se consideró 1 = 0-0,5, 2 = 0,5-1,5, y 3 = >1,5 millones.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) se detectaron diferencias significativas para ambas variables en BP, aumentando la INS y la EF a medida que la lluvia de semillas aumenta.

**Tabla 3:** ANDEVAs para la producción de semillas (SEM), cantidad de plántulas instaladas (INS) y eficiencia de instalación (EF) para los tratamientos de la retención variable de acuerdo a los años después de la corta (3 a 10 años).

**Table 3:** ANOVAs analysing seed production (SEM), seedling recruitment (INS) and efficiency of establishment (EF) for the treatments in the variable retention harvesting after cuttings (3 to 10 years).

	<b>SEM</b> <b>(mill.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	<b>INS</b> <b>(n.m<sup>2</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	<b>EF</b> <b>(%)</b>
3	4,01ab	8,3ab	2,12ab
4	7,20b	19,2b	3,96b
5	3,09a	11,5ab	3,53ab
6	3,01a	2,2a	1,62ab
7	4,74ab	0,7a	0,18a
8	5,10ab	0,7a	0,06a
9	2,34a	0,3a	0,08ab
10	2,57ab	0,1a	0,02a
<i>F(p)</i>	<i>3,14(0,003)</i>	<i>3,91(&lt;0,001)</i>	<i>3,24(0,002)</i>

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a p <0,005 mediante el test de Tukey.

**Tabla 4:** ANDEVAs para la producción relativa de semillas (SEM) (1=alta, 2=media, 3=baja producción) en la cantidad de plántulas instaladas (INS) y la eficiencia de instalación (EF) para el bosque primario sin intervención (BP) y los bosques aprovechados mediante retención variable (RA=retención agregada, RDI=retención dispersa con influencia de RA, RD=retención dispersa sin influencia de RA).

**Table 4:** ANOVAs analysing relative seed production (SEM) (1=high, 2=middle, 3=low production) in the seedling recruitment (INS) and efficiency of establishment (EF) for primary forests (BP) and harvesting forests with variable retention (RA=aggregated retention, RDI= dispersed retention with influence of RA, RD= dispersed retention without influence of RA).

	<b>SEM</b>	<b>INS</b> <b>(n.m<sup>2</sup>.año<sup>-1</sup>)</b>	<b>EF</b> <b>(%)</b>
BP	1	0,6a	0,46a
	2	11,1a	1,44ab
	3	51,4b	2,34b
	<i>F(p)</i>	<i>20,52(&lt;0,001)</i>	<i>5,63(0,004)</i>
RA	1	1,7	0,97
	2	15,1	2,58
	3	19,4	0,94
	<i>F(p)</i>	<i>1,77(0,175)</i>	<i>1,11(0,333)</i>
RDI	1	1,4	3,09
	2	1,2	0,86
	3	7,0	1,15
	<i>F(p)</i>	<i>2,95(0,056)</i>	<i>0,94(0,393)</i>
RD	1	0,2a	1,27
	2	1,5ab	1,30
	3	3,7b	1,60
	<i>F(p)</i>	<i>3,20(0,044)</i>	<i>0,07(0,929)</i>

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a p <0,005 mediante el test de Tukey.



## Resultados y discusión

La cosecha modifica significativamente la estructura forestal, y la magnitud de estos cambios depende del tipo de cortas implementado. En el caso de la retención variable, la cosecha genera un gradiente de situaciones que van desde el centro de los agregados, donde la estructura es más similar al bosque primario, hasta los sectores más alejados dentro de la retención dispersa (Martínez Pastur et al. 2011b). Los agregados de retención mantienen algunas de las características del bosque primario (e.g. IAFR) pero la mayoría adopta valores intermedios con los bosques cosechados.

Asimismo, los sectores cosechados bajo influencia de los agregados presentan mayores valores en las variables de estructura que los bosques aprovechados sin influencia de los agregados. Los niveles de retención están en directa relación con las condiciones microclimáticas que se generan en los bosques bajo manejo (Chen et al., 1993), e.g. influyendo sobre la cantidad de agua de lluvia que llega al suelo, la radiación, el viento y la temperatura (Richter y Frangi, 1992). Estos factores son determinantes para el crecimiento y la supervivencia de la regeneración en los bosques de *Nothofagus pumilio* (Heinemann et al., 2000; Martínez Pastur et al., 2011b). Sin embargo, la influencia de la estructura forestal no es lineal, e.g. niveles medios de cobertura (45-55%) son los que generan las mejores condiciones para el crecimiento de las plántulas (Martínez Pastur et al., 2011a). Asimismo, bajos niveles de cobertura generan alta disponibilidad de luz, pero también pueden generar elevada humedad en el suelo debido a la mayor cantidad de lluvia que llega al mismo, afectando las condiciones fisiológicas y de biomasa en las plántulas de *N. pumilio* (Martínez Pastur et al., 2007).

La cantidad de semillas producidas y la cantidad de plántulas que se instalan se encuentra en relación directa con la cobertura del bosque (Parker et al., 2013), pero no la eficiencia de la instalación. Algunos trabajos sugieren que las nuevas condiciones de la cosecha generan una situación adversa para la instalación de la regeneración (Collado et al., 2008), mientras que otros trabajos sugieren que dichas condiciones son más favorables (Rosenfeld et al., 2006). Si bien no se detectaron diferencias significativas en la eficiencia de instalación, sí se obtuvieron menores valores en los extremos de cobertura (1,39% y 1,46% en RD y BP) que en sectores con coberturas intermedias. Esto podría estar indicando mejores condiciones para el establecimiento, al igual que mejores condiciones de crecimiento en altura y respuestas ecofisiológicas en las plantas ya establecidas (Martínez Pastur et al., 2007; 2011a). Nuestros resultados indican que la producción de semillas es variable con los años, observándose la ocurrencia de máximos extraordinarios (e.g. años 4 y 8 después de la cosecha). Esta producción cíclica de semillas ha sido citada para muchas especies forestales (Koenig y Knops, 2000) y especialmente en bosques de *Nothofagus* (Monks y Kelly, 2006) debido a que los niveles de variación entre años es especialmente alta (Kelly y Sork, 2002). En el caso de la instalación y la eficiencia de instalación, los valores decrecen con el paso de los años. Esta variación podría deberse a cambios en los factores bióticos o abióticos de los bosques con el paso de los años desde la cosecha. Entre los cambios bióticos podría estar influyendo la dinámica del sotobosque (e.g. Lencinas et al., 2011), el uso del bosque como sitio de alimentación por parte de grandes herbívoros (Soler et al., 2012), entre otros. Y entre los cambios abióticos pueden considerarse los eventos climáticos extraordinarios o cambios en el clima (e.g. Curran et al., 1999). Sin embargo, la cantidad y eficiencia de la instalación de las plántulas podría estar relacionada mayormente con la magnitud de la lluvia de semillas que con otros factores (e.g. producción de flores, forrajeo, variación espacial de los rodales, etc.) (Martínez Pastur et al. 2013).

## Conclusiones

La cosecha forestal modifica la estructura del bosque, pero la retención variable a diferencia de otras propuestas silvícolas, genera una gran diversidad de tipos de bosque o condiciones de rodal que influyen sobre la producción de semillas y el establecimiento de plántulas de *Nothofaguspumilio*. La producción de semillas y la cantidad de plántulas instaladas está en relación a la cobertura de copas y a la lluvia de semillas, pero la eficiencia de instalación (número de plántulas en relación al número de semillas) no se ve afectada por la cosecha.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PICT2011-0180 (AN-PCyT) “Dinámica de la regeneración del bosque de *Nothofaguspumilio* bajo manejo forestal con retención variable: influencia de los microambientes, variables bióticas y abióticas”.

## Bibliografía

- Blood, L.E., Titus, J.H., 2010. Microsite effects on forest regeneration in a bottomland swamp in western New York. *J. Torrey Bot. Soc.* 137, 88-102.
- Chen, J., Franklin, J.F., Spies, T.A., 1993. Contrasting microclimates among clearcut, edge, and interior of old-growth Douglas-fir forest. *Agric. For. Meteorol.* 63, 219-237.
- Collado, L., Farina, S., Jaras, F., Vargas, H., 2008. Monitoreo del estado de intervención y de la regeneración de *Nothofaguspumilio* en un plan de manejo forestal en el ecotono estepa-bosque de Tierra del Fuego, Argentina. *Bosque* 29(1), 85-90.
- Curran, L.M., Caniago, I., Paoli, G.D., Astianti, D., Kusneti, M., Leighton, M., Nirarita, C.E., Haerurnan, H., 1999. Impact of El Niño and logging on canopy tree recruitment. *Science* 286, 2184-2188.
- Gutiérrez, E., 1994. Els boscos de *Nothofagus* de la Terra del Foc com a paradigma de dinàmica successional del no-equilibri. *Treballs de la SCB.* 45, 93-121.
- Kelly, D., Sork, V.L., 2002. Mast seeding in perennial plants: why, how, where? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 33, 427-47.
- Koenig, W.D., Knops, J.M., 2000. Patterns of annual seed production by northern hemisphere trees: a global perspective. *Am. Nat.* 155, 59-69.
- Heinemann, K., Kitzberger, Th., Veblen, Th., 2000. Influences of gap microheterogeneity on the regeneration of *Nothofaguspumilio* in a xeric old-growth forest of northwestern Patagonia, Argentina. *Can. J. For. Res.* 30(1), 25-31.
- Ivancich, H., MartínezPastur, G., Roig, F.A., Barrera, M., Pulido, F., 2012. Changes in height growth patterns in the upper tree-line forests of Tierra del Fuego in relation to climate change. *Bosque* 33(3), 267-270.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Gallo, E., Cellini, J.M., 2011. Alternative silvicultural practices with variable retention to improve understory plant diversity conservation in southern Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 262, 1236-1250.
- MartínezPastur, G., Lencinas, M.V., Peri, P., Arena, M., 2007. Photosynthetic plasticity of *Nothofaguspumilio* seedlings to light intensity and soil moisture. *For. Ecol. Manage.* 243(2), 274-282.
- MartínezPastur, G., Peri, P.L., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Barrera, M., Ivancich, H., 2011a. Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofaguspumilio* forests. *Ann. For. Sci.* 68, 587-594.
- MartínezPastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Barrera, M., Peri, P.L., 2011b. Environmental variables influencing regeneration of *Nothofaguspumilio* in a system with combined aggregated and dispersed retention. *For. Ecol. Manage.* 261, 178-186.
- MartínezPastur, G., Jordán, C., Lencinas, M.V., Soler Esteban, R., Ivancich, H., Kreps, G., 2012. Landscape and micro-environmental conditions influence over regeneration dynamics in old-growth *Nothofagusbetuloides* Southern Patagonian forests. *PlantBiosyst.* 146(1), 201-213.
- Martínez Pastur, G., Soler Esteban, R., Pulido, F., Lencinas, M.V., 2013. Variable retention harvesting influences biotic and abiotic drivers along the reproductive cycle in southern Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 289(1), 106-114.
- Monks, A., Kelly, D., 2006. Testing the resource-matching hypothesis in the mast seeding tree *Nothofagustruncata* (Fagaceae). *Austral Ecol.* 31, 366-375.
- Parker, W.C., Noland, T., Morneau, A., 2013. Comparative mast seed production in unmanaged and shelterwood white pine (*Pinusstrobus* L.) stands in central Ontario. *New Forests* 44, 613-628.
- Rebertus, A.J., Veblen, T., 1993. Structure and tree-fall gap dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego, Argentina. *J. Veg. Sci.* 4(5), 641-654.
- Richter, L., Frangi, J., 1992. Bases ecológicas para el manejo del bosque de *Nothofaguspumilio* de Tierra del Fuego. *Rev. Fac. Agron. de La Plata* 68, 35-52.
- Rosenfeld, J.M., Navarro Cerrillo, R.M., Guzmán Alvarez, J.R., 2006. Regeneration of *Nothofaguspumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser forests after five years of seed tree cutting. *J. Environ. Manage.* 78(1), 44-51.
- Soler, R., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Borrelli, L., 2012. Differential forage use between native and domestic herbivores in southern Patagonian *Nothofagus* forests. *Agrofor. Syst.* 85(3), 397-409.

**DETERMINACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AMBIENTALES BIÓTICAS Y ABIÓTICAS EN CASTORERAS ABANDONADAS EN TIERRA DEL FUEGO**

**DETERMINING BIOTIC AND ABIOTIC ENVIRONMENTAL MODIFICATIONS IN ABANDONED BEAVER MEADOWS IN TIERRA DEL FUEGO**

**Jonathan J. Henn<sup>1,\*</sup>; C.B. Anderson<sup>1,2</sup>; G. Kreps<sup>1</sup>; M.V. Lencians.<sup>1</sup>; R. Soler<sup>1</sup>; G. MartínezPastur<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CADIC-CONICET. Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Onas 450 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

\*Autor de correspondencia. E-mail: [henn.jonathan@gmail.com](mailto:henn.jonathan@gmail.com).

**Resumen**

Como ingenieros ecosistémicos, los castores (*Castor canadensis* Kuhl.) cambian muchas condiciones ambientales en los bosques ribereños. En Tierra del Fuego, donde introdujeron el castor en el año 1946, estos cambios han producido pastizales que permanecen en el largo plazo, sin signos de recuperación del bosque nativo. La meta de este trabajo fue determinar las modificaciones bióticas y abióticas que afectan el regeneración de bosques de *Nothofagus pumilio*. Características abióticas (luz y humedad) y bióticas (plantas del sotobosque) fueron medidas en áreas afectado por el castor y en bosques primarios. Junto con estas características, la regeneración natural en las mismas zonas fue también cuantificada. Los resultados indican que las modificaciones ambientales que resultan del impacto del castor influyen significativamente en la regeneración natural de *N. pumilio*.

**Palabras claves:** *Castor canadensis*, ingeniero ecosistémico, regeneración de bosque, *Nothofagus pumilio*

**Summary**

As ecosystem engineers, North American beavers (*Castor canadensis*) change many environmental conditions in riparian zones, felling trees, damming streams and flooding riparian areas. In Tierra del Fuego, where beavers were introduced in 1946, these alterations have produced meadows that appear to be long-term alternate stable states, lacking signs of forest regeneration. The aim of this work was to determine the abiotic and biotic drivers that limit tree seedling recruitment in abandoned beaver meadows in Tierra del Fuego's *Nothofagus pumilio* forests. Abiotic (light and moisture) and biotic (herbaceous plant community composition and re-invasion potential) environmental conditions were measured in areas impacted by beavers and in old-growth forests. Results indicate that beaver-caused environmental modifications appear to have an important impact on the regeneration of *N. pumilio*.

**Key-words:** *Castor canadensis*, Ecosystem engineer, Forest restoration, *Nothofagus pumilio*

## Introducción

En Tierra del Fuego, la recuperación de bosques ribereños impactado por castores (*Castor canadensis* Kuhl.) ha sido un enfoque prioritario de conservación (Malmierca et al., 2011). Como ingenieros ecosistémicos, los castores generan impactos amplios en las condiciones ambientales en arroyos y zonas ribereñas (Naiman et al., 1988), y la habilidad de cortar árboles y construir diques resultan en dos tipos de efectos distintos: (1) el área donde cortan los árboles se extiende hasta los 30-60m del arroyo (Anderson et al., 2009) y resulta en una reducción de biomasa de árboles vivos (Rosell et al., 2005). Similar a los efectos de la silvicultura, esto debería aumentar la luz y la humedad que llega al suelo (Martínez Pastur et al., 2011). Y (2), las inundaciones que resultan de la construcción de los diques que no solo mata los árboles, sino que además produce acumulación de sedimentos, retención de nutrientes y elevación de la napa de agua, generando cambios importantes en la comunidad de plantas en el sotobosque (Naiman et al., 1994; McMastery McMaster, 2001; Westbrook et al., 2006). En las castoreras, también hay gradientes de características de suelo donde generalmente, el frente (área cerca al dique) es más húmedo y contiene más materia orgánica comparada con la cola (donde el arroyo entra la castorera). Aun así, los árboles de *Nothofagus* están adaptados a estos cambios. Estos árboles requieren un banco de plántulas en el sotobosque para regenerar después de un disturbio natural como viento fuerte o congelación (Cuevas y Arroyo, 1999). Es por ello que los objetivos de este trabajo fueron caracterizar el alcance de regeneración natural junto con los cambios ambientales en áreas afectados por el castor.

## Métodos

El estudio se llevó a cabo en el sector este de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. Esta área está dominada por bosques primarios de *N. pumilio* y turbales (54°38' S, 66°42' O). Las parcelas fueron establecidas en tres castoreras abandonadas en un tributario del río Irigoyen donde los castores han estado presentes desde los 60s, afectando aproximadamente 2,5% del superficie, incluyendo 30-40% de la longitud total de los arroyos (Anderson et al., 2009).

En cada castorera, se definieron cuatro áreas: (i) frente (FRE, área más cerca al dique), (ii) cola (COL, área cerca de donde entra el arroyo a la castorera), (iii) corte (COR, área cortado pero no inundado por el castor) y (iv) bosque primario (BP, bosque inafectado al lado del área cortado). En cada área, se establecieron 4 réplicas (3 castoreras x 4 áreas x 4 réplicas = 48 muestras).

La estructura forestal fue medida según la propuesta de Bitterlich (1984) con un K entre 1 y 7, usando un Criterion RD1000 y TruPulse 200 la ser rangefinder (Laser Technology, USA). En cada parcela, el diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) fue medido para calcular densidad de árboles (DENS, n.ha), área basal (AB, m<sup>2</sup>.ha) y volumen total (VT, m<sup>3</sup>.ha). Fotos hemisféricas fueron sacadas a 1 m del suelo durante el mes de enero con un lente ojo de pescado de 8-mm (Sigma, Japan) en una cámara digital de 33-mm (Nikon, Japan) con un trípode y nivel. El programa Gap Light Analyzer v2.0 fue usado para calcular cobertura de copas (CC, %) y el índice de área foliar relativo (LAI). Para detalles sobre los modelos usado en las calculaciones, vea Martínez Pastur *et al.* (2011).

Además, una muestra de suelo con un volumen de 104 cm<sup>3</sup> fue tomada en cada parcela en el mes de enero y usada para calcular densidad de suelo (DS) después de secarlo en un horno a 60°C por cinco días. Posteriormente, las muestras fueron tamizadas a 2 mm, y 5-10 g de ese suelo tamizado fue usado para calcular el contenido orgánico (MO) en una mufla a 500°C por 6 horas.

La humedad del suelo (HUM,  $m^3 \cdot m^{-3}$ ) fue medida en cada área cada 2 horas entre Noviembre y Mayo usando un DECAGONEm5b data loggers con probetas ECHO EC-5 (Decagon, USA). Un data logger con 5 sensores fue puesto en cada tipo de tratamiento.

La riqueza y cobertura (%) de las plantas de sotobosque fue estimada usando la metodología relevé (Kent y Coker, 1992) en enero. Todas las plantas vasculares fueron determinadas a nivel de especie, mientras que las plantas no-vasculares fueron consideradas como un solo grupo. El suelo desnudo (área sin plantas, SD), y residuos (madera muerta con diámetro mayor a 3 cm, RES) también fueron estimados. Para el análisis, las plantas fueron agrupadas en diferentes categorías: (i) taxa (dicotiledóneas -DICO, monocotiledóneas -MONO, helechos -HEL, musgos -MUS) y (ii) según su origen (nativo -NAT o exótico EXO) (Correa, 1969-1998; Moore, 1983). El número de plántulas de *N. pumilio* fue cuantificado en una parcela de 5 x 0,2 m cerca a las otras parcelas de ensayo.

ANOVAs simples fueron usadas para analizar las diferencias de características ambientales (estructura forestal, CC, LAI, DS, MO, y comunidad de plantas) entre área (FRE, COL, COR, BP). Pruebas de Tukey, corregidos para n desigual, fueron usados para todas las comparaciones entre promedios ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

Los castores modificaron de manera significativa todas las características forestales, menos que el DAP (**Tabla 1**). Todas las variables (DENS, AB, y VT) mostraron valores menores en áreas inundadas e intermedias en áreas cortadas. Había patrones similares con características de luz (CC y LAI). Asimismo, las características del suelo también cambiaron con el efecto del castor (**Tabla 1**). MO fue significativamente más alta en el FRE comparado con el BP, mientras que COL y COR fueron intermedias. El opuesto fue observado para DS.

**Tabla 1:** ANOVAs de estructura forestal y propiedades del suelo entre tratamientos estudiados (FRE=frente de la castorera, COL=cola de la castorera, COR=área cortado por castor, BP=bosque primario). DAP=diámetro al altura del pecho (cm), DENS=densidad de árboles ( $n \cdot ha^{-1}$ ), AB=área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ), VT=volumen total ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ), CC=cobertura de copas (%), LAI=índice de área foliar relativo, MO=materia orgánica (%), DS=densidad del suelo ( $g \cdot cm^{-3}$ ), HS=humedad del suelo (%).

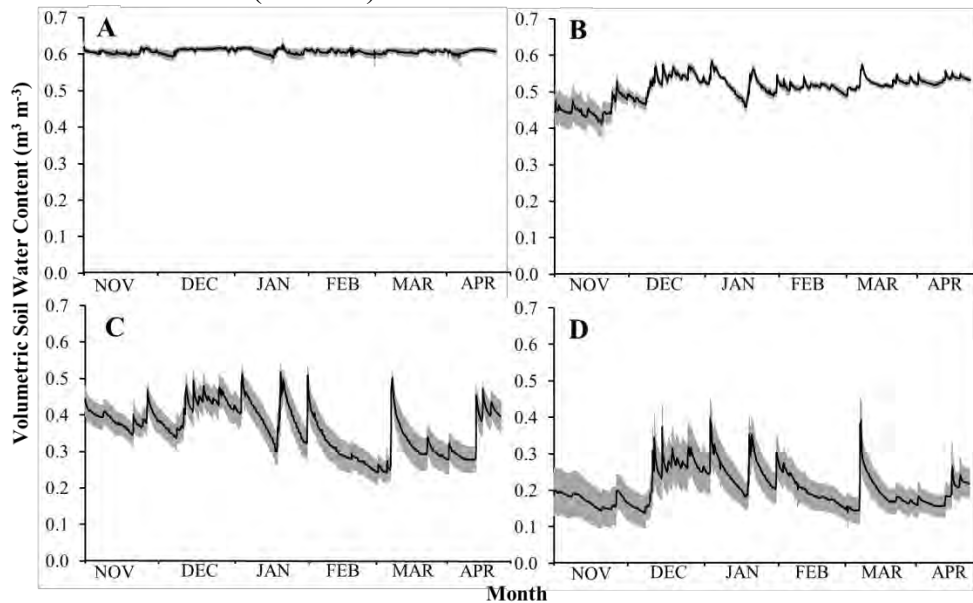
**Table 1:** ANOVAs of forest structure and soil characteristics between treatments (FRE=front of meadow, COL=tail of meadow, COR=cut area, and BP=old-growth forest). DAP=diameter at breast height (cm), DENS=tree density ( $n \cdot ha^{-1}$ ), AB=basal area ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ), VT=total tree volume ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ), CC=canopy cover (%), LAI=leaf area index, MO=organic matter content (%), DS=soil bulk density ( $g \cdot cm^{-3}$ ), HS=soil moisture (%).

	DAP	DENS	AB	VT	CC	LAI	MO	DS	HS
FRE	33,2	6a	2,2a	27,4a	52,6a	0,64a	58,1b	0,31a	85,2b
COL	39,0	12a	3,0a	28,0a	49,8a	0,61a	44,1ab	0,45ab	65,7b
				321,2					48,9a
COR	46,8	158a	27,4b	b	73,7b	1,24b	50,2ab	0,50ab	--
				852,4					
BP	49,3	611b	65,3c	c	86,2c	1,91c	21,9a	0,69b	
<i>F</i>	0,8	25,7	124,1	83,8	290,5	121,9	3,5	4,7	4,8
<i>(p)</i>	(0,51)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(<0,01)	(0,02)	(<0,01)	(<0,01)

Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos usando pruebas Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Los data loggers mostraron un gradiente de humedad de suelo que va de BP como lo más seco, seguido por COR, COL, y finalmente FRE, el más húmedo. También, el efecto de la lluvia cambio dependiendo del área, donde había más variación en los lugares con árboles (BP y COR) (**Fig. 1**). La cobertura de varios grupos de plantas también cambio con área. Había menos suelo desnudo en tratamientos inundados comparados con COR y BP.

Al mismo tiempo, había un aumento significativo en cobertura de DICO y MONO en FRE y COL áreas. También había un aumento de plantas exóticas en las castoreras (FRE y COL). No había plántulas de *N. pumilio* en las castoreras (FRE y COL) mientras que había más observado en el COR (Tabla 2).



**Figura 1:** Cambios en humedad del suelo ( $\pm$ error estándar,  $n=5$  muestras por medición) durante época del estudio:(A) frente de la castorera, (B) cola de la castorera, (C) área cortado por el castor, y (D) bosque primario.

**Figure 1:** Changes in volumetric soil water content ( $\pm$ standard error,  $n=5$  samples per measurement) during study period: (A) front of beaver meadow, (B) tail of beaver meadow, (C) area harvested by beaver, and (D) intact old growth forest.

## Discusión

Los resultados indican que los castores en Tierra del Fuego modifican las características ambientales en forma significativa para la regeneración del bosque. Mientras que muchos estudios han examinado y caracterizado los efectos del castor en Norte y Sur América, pocos han investigado los gradientes de cambios entre el bosque primario al corte, al castorera. Mientras que la falta de cambio en DAP nos muestra que el castor no elige árboles basado en tamaño, los gradientes fuertes producidos en las otras características forestales muestran cuanto el castor está modificando los bosques. Las medidas de estructura forestal corresponden a medidas hechos en Tierra del Fuego por Martínez Pastur *et al.* (2006) mientras que áreas cortadas tenían más impacto que los medidos en Norte América por Rosell *et al.* (2005). Los cambios extremos en las castoreras fue el resultado de mortalidad de árboles por inundación (Anderson *et al.*, 2009).

**Tabla 2:** ANOVAs de plantas del sotobosque entre tratamientos estudiados (FRE=frente de la castorera, COL=cola de la castorera, COR=área cortado por castor, BP=bosque primario). DICO=cobertura de dicotiledóneas (%), MONO=cobertura de monocotiledóneas (%), NAT=cobertura de plantas nativas (%), EXO=cobertura de plantas exóticas (%), HEL=cobertura de helechos (%), MUS=cobertura de musgos (%), SD= suelo desnudo (%), RES=residuos (%), NOPU=*Nothofagus pumilio* ( $n.m^{-2}$ ).

**Table 2:** ANOVAs of understory plants between treatments (FRE=front of meadow, COL=tail of meadow, COR=cut area, and BP=old-growth forest). DICO=dicot cover (%), MONO=monocot cover (%), NAT= native plant cover (%), EXO=exotic plant cover (%), HEL=fern cover (%), MUS=moss cover (%), SD=bare ground cover (%), RES=woody debris cover (%), NOPU=*Nothofagus pumilio* ( $n m^{-2}$ ).

	DICO	MONO	NAT	EXO	HEL	MUS	SD	RES	NOPU
FRE	48,6b	17,8	46,2b	20,2b	1,0a	4,3	1,7a	26,7b	0a
COL	50,4b	14,6	46,2b	18,8b	0,0a	4,3	2,3a	28,3b	0a
COR	34,7ab	4,6	35,6ab	3,6a	4,1ab	10	30,0b	16,7a	64ab
BP	19,6a	3,0	21,5a	1,1a	10,8b	10	30,0b	26,7b	19b
	10,6								3,66
<i>F</i>	(<0,01	4,0	11,7	18,4	6,5	1,7	10,0	5,9	(0,06)
<i>(p)</i>	)	(0,05)	(<0,01)	(<0,01)	(0,02)	(0,25)	(<0,01)	(0,02)	

Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos usando pruebas Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Esta falta de árboles hace que es más difícil que semillas lleguen a la castorera, lo que además está relacionado a los cambios abióticos y bióticos que tienen una conexión importante con la regeneración de *N. pumilio* (Martínez Pastur *et al.*, 2013). Comparado con el BP, todas las áreas tenían aumentos en luz, mientras que la humedad aumentó más de lo esperado si fuese solo el efecto de la reducción de árboles (Martínez Pastur *et al.*, 2011). Esto sería el efecto de las inundaciones, que resultaron en una napa de agua elevada y suelo que puede mantener más agua por la materia orgánica (Hudson, 1994). Había niveles muy altos de materia orgánica comparado con estudios de Norte América (Naiman *et al.*, 1994), probablemente por los turbales comunes en Tierra del Fuego. Estos aumentos en luz y humedad probablemente son relacionados a los cambios en comunidad de plantas en el sotobosque (Martínez Pastur *et al.*, 2006). Como había muy poco suelo desnudo en las castoreras, las plantas del sotobosque pueden estar limitando el establecimiento de árboles (Hill *et al.*, 1995). Esto fue observado por Davis *et al.* (1998) donde un aumento en humedad y luz resultó en más biomasa herbácea, creando más competencia para plántulas de árboles.

## Conclusiones

Este estudio nos da una idea mejor de como son los efectos del castor en ambientes ribereños en Tierra del Fuego. Cambios como la falta de árboles padres, junto con aumentos en luz, humedad, y plantas del sotobosque parecían tener un efecto importante en la regeneración de *Nothofagus pumilio*. En los cuatro áreas definidos, el FRE y COL no tenían regeneración natural de *N. pumilio* y fueron caracterizados por aumentos muy fuertes en humedad de suelo, luz, y plantas del sotobosque. Al otro lado, el COR tenía alta nivel de regeneración que fue asociado con cambios ambientales medianas comparado con el BP.

Ahora que los castores han expandido desde la zona insular a la zona continental de Sur América, es muy importante saber cómo manejar las áreas ribereñas afectadas por el castor en programas potenciales de restauración.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos la colaboración de campo de Gabriel Zegers, Hugo Favale, y Luciana Mestre. Este trabajo ha sido financiado por proyectos PIA-12003 (MAGyP) "Plantaciones en bosques ribereños de *Nothofagus pumilio* degradados por *Castor canadensis* en Tierra del Fuego para la recuperación de su producción maderera y de sus servicios ambientales", National Geographic Young Explorer (9233-12) y una beca Fulbright a JJH.

## Referencias

- Anderson, C. B., G. MartínezPastur, M. V. Lencinas, P. A. Wallem, M. C. Moorman, and A. D. Rosemond. 2009. Do introduced North American beavers *Castor Canadensis* engineer differently in southern South America? An overview with implications for restoration. *Mammal Review* 39:33-52.
- Bitterlich, W. 1984. The relascope idea. Relative measurements in forestry. Commonwealth Agricultural Bureaux, London, UK.
- Correa, M. N. 1969-1998. Flora Patagónica. Colección Científica INTA Tomo 8. Parts II, III, IVb, V, VI y VII. Buenos Aires, Argentina.
- Cuevas, J. G., and Arroyo, M. T. K. 1999. Ausencia de banco de semillas persistente en *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) en Tierra del Fuego, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 72:73-82.
- Davis, M. A., K. J. Wrage, P. B. Reich, M. G. Tjoelker, T. Schaeffer, and C. Muermann. 1999. Survival, growth, and photosynthesis of tree seedlings competing with herbaceous vegetation along a water-light-nitrogen gradient. *Plant Ecology* 145:341-350.
- Gurnell, A. M. 1998. The hydrogeomorphological effects of beaver dam-building activity. *Progress in Physical Geography* 22:169-189.
- Hill, J. D., C. D. Canham, and D. M. Wood. Patterns and causes of resistance to tree invasion in rights-of-way. *Ecological Applications* 5:459-470.
- Hudson, B. D. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation* 49:189.
- Kent M., and P. Coker 1992. Vegetation description and analysis: a practical approach. CRC Press-Belhaven Press, London, United Kingdom.
- Malmierca, L., M. F. Menvielle, D. Ramadori, B. Saavedra, A. Saunders, N. Soto Volkart, and A. Schiavini. 2011. Eradication of beaver (*Castor canadensis*), an ecosystem engineer and threat to southern Patagonia. Pages 87-90 in C. R. Veitch, M. N. Clout, and D. R. Towns, editors. *Island invasives: eradication and management*. IUCN, Gland, Switzerland.
- MartínezPastur, G., M. V. Lencinas, J. Escobar, P. Quiroga, L. Malmierca, and M. Lizarralde. 2006. Understorey succession in *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego (Argentina) affected by *Castor canadensis*. *Applied Vegetation Science* 9:143-154.
- MartínezPastur, G., P. L. Peri, J. M. Cellini, M. V. Lencinas, M. Barrera, and H. Ivancich. 2011. Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. *Annals of Forest Science* 68:587-594.
- MartínezPastur, G., R. Soler Esteban, F. Pulido, and M. V. Lencinas. 2013. Variable retention harvesting influences biotic and abiotic drivers of regeneration in *Nothofagus pumilio* southern Patagonian forests. *Forest Ecology and Management* 289:103-114.
- McMaster, R. T., and N. D. McMaster. 2001. Composition, structure, and dynamics of vegetation in fifteen beaver-impacted wetlands in western Massachusetts. *Rhodora* 103:293-320.
- Moore DM. 1983. Flora of Tierra del Fuego. Missouri Botanical Garden, Anthony Nelson, London, United Kingdom.
- Naiman, R. J., C. A. Johnston, and J. C. Kelley. 1988. Alteration of North American streams by beaver. *BioScience* 38:753-762.
- Naiman, R. J., G. Pinay, C. A. Johnston, and J. Pastor. 1994. Beaver influences on the long-term biogeochemical characteristics of boreal forest drainage networks. *Ecology* 75(4):905-921.
- Rosell, F., O. Bozsér, P. Collen, and H. Parker. 2005. Ecological impact of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* and their ability to modify ecosystems. *Mammal Review* 35:248-276.
- Westbrook, C. J., D. J. Cooper, and B. W. Baker. 2006. Beaver dams and overbank floods influence groundwater-surface water interactions of a Rocky Mountain riparian area. *Water Resources Research* 42:1-12.



**INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTAS EN VIVERO DE *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. y *Machaerium paraguariense* Hassl., PARA PLANTACIONES DE BIOMASA PARA LEÑA**

**QUALITY INDICATORS IN NURSERY PLANTS FOR *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. AND *Machaerium paraguariense* Hassl., FOR FIREWOOD BIOMASS PLANTATIONS**

**Eibl Beatriz<sup>1</sup>; González C<sup>1</sup>; Bohren A<sup>1</sup>; Dreyer N<sup>1</sup>; Branco F<sup>1</sup>; Kahlstorf G<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. (3382) Eldorado. Misiones. Argentina  
[beibl@facfor.unam.edu.ar](mailto:beibl@facfor.unam.edu.ar)

**Resumen**

Los diferentes sectores que consumen leña proveniente de bosques nativos, buscan alternativas de abastecimiento a partir de la implementación de la ley XV 106. Se registraron indicadores de calidad en la producción de plantas en vivero para dos especies nativas de interés como leña. Utilizando diferentes sustratos, contenedores y niveles de fertilización para *Peltophorum dubium* (cañafistola) y *Machaerium paraguariense* (isapuy), se evaluó la calidad de los plantines a los seis y nueve meses de la siembra. Los indicadores de calidad para *P. dubium* señalan mayor altura y dac, utilizando tubetes de 100 cm<sup>3</sup> con 3 kg /m<sup>3</sup> de fertilizante y corteza como sustrato. En *M. paraguariensis*, este mejor resultado se logro con tubetes de 140 cm<sup>3</sup> con 1,5 kg /m<sup>3</sup> de fertilizante y mezcla de arcilla, arena y corteza. En todos los casos los indicadores de esbeltez dieron valores inferiores a 8 y altos estados de lignificación de los plantines.

**Palabras clave:** especies nativas, energía renovable, contenedores, sustratos

**Summary**

Different sectors consume firewood from native forests by tradition and/or preferences. Alternatives will be necessary for supply this resource from the implementation of the law 16th 106. Quality indicators were recorded from plants in the nursery for two native species of interest as firewood. Using different substrates, containers and levels of fertilization for *Peltophorum dubium* (cañafistola) and *Machaerium paraguariense* (isapuy), the quality of seedlings was assessed at six and nine months after sowing. The determination of indicators of quality for *P. dubium* designates a greater height and d.a.c. when 100 cm<sup>3</sup> container were used with 3 kg/m<sup>3</sup> of fertilizer and composted bark as substrate. For *M. paraguariensis*, the best result was achieved with container of 140 cm<sup>3</sup> with 1,5 kg/m<sup>3</sup> of fertilizer and the mixture of clay, sand and composted bark as a substrate. In all cases the seedlings slenderness indicators gave values under 8 and high states of lignifications.

**Key words:** native species, renewable energy, containers, substrates

## Introducción

El bosque nativo con su riqueza forestal dio impulso a los inicios de la actividad forestal en la provincia de Misiones. Actualmente la madera del bosque nativo es utilizada para la producción de tablas, tirantes, terciado y también se extrae para leña y carbón. Según estimaciones de la Subsecretaría de Desarrollo Forestal, Ministerio del Agro y la Producción de Misiones el consumo anual de leña en la provincia procedente de bosque nativo asciende a 700.000 ton al año. Actualmente con la Ley XVI N° 106/2010, se prohíbe a partir del año 2015 la producción, comercialización y consumo industrial de leña y de carbón de origen de bosques naturales. Por lo tanto, los distintos sectores que consumen leña o carbón de bosques nativos, como insumo energético de sus actividades deben buscar otras alternativas de abastecimiento para dar cumplimiento a dicha ley. Una de las posibles soluciones es la plantación de bosques energéticos con especies nativas, cuyo destino sea el de producción de biomasa. Además estos bosques energéticos podrían contribuir a la conservación de las especies y a la restauración de sitios degradados (Barney *et al.* 2011).

Para el correcto establecimiento de una plantación en sitios degradados o en suelos forestales, además de las apropiadas prácticas silvícolas a aplicar, se deben utilizar plantas de buena calidad que den garantía en el éxito de las plantaciones. Plantas de buena calidad son capaces de sobrevivir y crecer vigorosamente al corto tiempo de establecidas en terreno, y por el contrario, una planta de mala calidad muestra una respuesta deficiente en crecimiento y disminuye su sobrevivencia comprometiendo la estabilidad de la plantación, especialmente durante los primeros años (Quiroz *et al.*, 2009).

El control de la calidad de los plantines puede visualizarse de dos maneras: una es con relación a ciertos estándares morfo-fisiológicos en el vivero y la otra consiste en comprobar tales estándares en campo (Duryea, 1990). La altura del plantín es una de las variables más utilizadas para clasificar los plantines en vivero, varios investigadores verificaron que la diferencia de tamaño de los plantines grandes en comparación con los pequeños, es mantenida al mínimo después de 5-10 años de la plantación a campo, pero la mortalidad de los plantines grandes es frecuentemente más alto que la mortalidad de los plantines pequeños (Parviainen, 1981). *Bajo* condiciones favorables los plantines de mayor tamaño generalmente crecen mejor que plantines más pequeños; sin embargo plantines más grandes no sobreviven tan bien como los de menor tamaño (en García, 2007).

Otro parámetro utilizado es el dac (diámetro a la altura del cuello), que es una medida de la robustez del plantín, (Cleary et al, 1978), (citado por García, 2007). En general se considera que los plantines con mayor dac son mejores y ha sido considerada la mejor variable predictora individual del crecimiento y la supervivencia a campo. Un dac grande indica un sistema radicular y volumen de tallo grande (Haase, 2008).

En cuanto a índices de calidad de plantín, generalmente se utiliza la esbeltez, que es la relación longitud del tallo/dac, Fernandez y Royo (1998) (citados por García, 2007) consideran que no debe ser mayor a 6, y Mitchel et al, (citado por Hunt, 1990) señalan que la esbeltez debe ser menor o igual a 8 para que la planta esté equilibrada; ya que valores mayores a este corresponde a plantas ahiladas, con desproporcionado crecimiento de la parte aérea respecto del diámetro del cuello. Otro indicador es el Índice Tallo/Raíz de Iverson (1984) (citado por **Olivo et al**, 2006), y es la relación entre el peso seco de la parte aérea/peso seco de la raíz, donde señala valores entre 1,5 y 2 como óptimos. Gil y Pardos (1997) proponen un valor inferior a 2 para el caso de *Pinus halepensis*, variando éstos de acuerdo a la especie analizada.

También se puede considerar la proporción de materia seca total con relación a la materia verde total como indicador de calidad, porque cuando las plantas logradas presentan una mayor proporción de materia seca indica un mayor nivel de lignificación de los tejidos y consecuentemente menores requerimientos de agua (Birchler *et al.*, 1998).

Con el presente trabajo, se busca contribuir al conocimiento de técnicas de producción de plantines para dos especies forestales nativas, a partir de la identificación del tipo de contenedor, sustrato y dosis de fertilización. Con el objetivo de determinar indicadores de calidad de plantas, que resulten adecuados para la plantación en alta densidad con fines de biomasa para energía.

## Material y Métodos

Las dos especies bajo estudio *Peltophorum dubium* (Spreng.)Taub. (cañafistola) y *Machaerium paraguariense* Hassl. (isapuy), ambas de la familia de las Fabaceae, fueron seleccionadas a partir de una lista de especies preferidas para leña en base a antecedentes y encuestas de uso entre los productores (Barney *et al.* 2011).

Para el caso de *P. dubium* se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de los tratamientos (factorial de 3 x 2; 3 tamaños de tubetes y 2 dosis de fertilizante). Tubetes de 50, 100 y 140 cm<sup>3</sup>, dosis de fertilizante: 1,5 y 3 kg/m<sup>3</sup>. Resultan un total de 6 tratamientos. **Tabla 1.** El sustrato utilizado fue corteza de pino compostada granulometría menor a 10 mm. Fertilizante granulado de liberación lenta. La siembra se realizó en el mes de junio con semillas previamente escarificadas.

**Tabla 1: Detalle de tratamientos del ensayo en *P. dubium***

**Table 1: Details of treatments for *P. dubium***

N° Tratamientos	Dosis Fertilizante	Volumen Tubetes
T1	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )
T2	3 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )
T3	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )
T4	3 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )
T5	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	50 (cm <sup>3</sup> )
T6	3 (kg/m <sup>3</sup> )	50 (cm <sup>3</sup> )

Para *M. paraguariense*, se agrego el sustrato como factor a analizar debido a que no se cuentan con antecedentes locales, de cuál es el adecuado para la producción de plantines de esta especie. En un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de los tratamientos (factorial de 2 x 2 x 2: 2 tamaños de tubetes, 2 dosis de fertilizante y 2 sustratos). Tubetes de 100 y 140 cm<sup>3</sup>; dosis de fertilizante: 1,5 y 3 kg/m<sup>3</sup>; sustratos: 100 % corteza de pino compostada (CPC) y una Mezcla de 50 % corteza de pino compostada, 25 % arena y 25 % arcilla. Resultan un total de 8 tratamientos. **Tabla 2.** La siembra se realizó en el mes de junio con semillas sin tratamiento previo.

**Tabla 2:** Detalle de tratamientos del ensayo en *M. paraguariense*

**Table 2:** Details of treatments for *M. paraguariense*

N° Tratamientos	Composición Sustrato			Dosis Fertilizante	Volumen Tubetes
	CPC (%)	Arena (%)	Arcilla (%)		
T1	100	-	-	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )
T2	100	-	-	3 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )
T3	50	25	25	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )
T4	50	25	25	3 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )
T5	100	-	-	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )
T6	100	-	-	3 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )
T7	50	25	25	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )
T8	50	25	25	3 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )

La cantidad de plantines por tratamiento de 120, donde cada planta es una unidad experimental.

A los seis y nueve meses de la siembra, se midieron las siguientes variables:

- ✓ AT= Altura del tallo, desde el cuello del plantín hasta el ápice terminal (cm).
- ✓ d.a.c= Diámetro a la altura del cuello (mm).

Para medir d.a.c se utilizó un calibre, y en el caso de altura de tallo, se empleó una regla acrílica transparente de 30 cm de longitud.

Además a los nueve meses se efectuaron análisis destructivos de una submuestra de tres plantines por tratamiento (elegidos al azar), se midió peso de materia verde y seca tanto del tallo como de la raíz, para lo que se realizó secado de las muestras en estufa a  $103 \pm 2$  °C por 48 horas. Luego se determinaron los siguientes índices de calidad de plantín con los resultados evaluados a los nueve meses:

- ✓ Índice tallo raíz (ITR)= Peso seco tallo (g)/peso seco raíz (g).
- ✓ Esbeltez= altura tallo (cm)/dac (mm)
- ✓ IL: Índice de Lignificación de tejidos: (Peso seco total (g)/peso húmedo total (g)) \* 100.
- ✓ Relación de Biomasa entre la parte aérea y de la raíz (Psa/Psr).

Las variables AT y dac, se procesaron mediante el software Statistic 8.0; con el cual se realizó el análisis de varianza (ANAVA) y comparaciones de media con el test de Tukey.

## Resultados y discusión

### Especie *P. dubium*

El ANAVA realizado a los datos de dac para *P. dubium* evaluados a los seis meses como a los nueve meses, solo detectó diferencias significativas para el factor volumen de tubetes considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Con el test de comparación de medias de Tukey se comprobó que a los seis meses el tratamiento T4 (tubetes de 100 cm<sup>3</sup> y 3 kg de fertilizante) junto al tratamiento 3 (100 cm<sup>3</sup> pero con 1,5 kg de fertilizante) se diferencian significativamente de los demás volúmenes de tubetes ensayados. Los tratamientos 4 y 3 son los que presentaron los mayores d.a.c. promedio tanto a los 6 como a los nueve meses. **Tabla 3.**

**Tabla 3:** Valores medios de diámetro a la altura del cuello (dac) de plantines de *P. dubium*, para cada tratamiento, a los seis y nueve meses.

**Table 3:** Mean values of seedlings diameter (dac) of *P. dubium*, for each treatment, at six and nine months.

N° Tratamientos	Volumen tubetes	Dosis Fertilizante	dac promedio, 6 meses (mm)	dac prome- dio, 9 meses (mm)
T4	100 cm <sup>3</sup>	3,0 (kg/m <sup>3</sup> )	3,99 <sup>a</sup>	4,44 <sup>a</sup>
T3	100 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	3,87 <sup>a</sup>	4,20 <sup>ab</sup>
T1	140 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	3,31 <sup>b</sup>	3,72 <sup>b</sup>
T2	140 cm <sup>3</sup>	3,0 (kg/m <sup>3</sup> )	3,09 <sup>bc</sup>	3,69 <sup>b</sup>
T5	50 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	2,81 <sup>c</sup>	3,07 <sup>c</sup>
T6	50 cm <sup>3</sup>	3,0 (kg/m <sup>3</sup> )	2,72 <sup>c</sup>	2,87 <sup>c</sup>

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas (P < 0,05).

Con respecto a la variable altura de tallo a los seis meses, el ANAVA detectó diferencias significativas para el factor volumen de tubete y en la interacción entre este factor con el factor fertilizante, considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Luego de la aplicación del test de comparación de medias de Tukey se comprobó que el tratamiento T1 (tubetes de 140 cm<sup>3</sup> y 1,5 kg de fertilizante), junto al tratamiento 4 (100 cm<sup>3</sup> pero con 3 kg de fertilizante) se diferencian significativamente de los demás tratamientos ensayados y son los que presentaron los mayores valores de altura del tallo promedio. **Tabla 4.**

**Tabla 4:** Valores medios de altura de tallo de plantines de *P. dubium* para cada tratamiento a los seis meses.

**Table 4:** Mean values of stem height of seedlings of *P. dubium* for each treatment at six months.

N° Tratamientos	Volumen tubetes	Dosis fer- tilizante	Altura promedio (cm)
T1	140 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	21,37 <sup>a</sup>
T4	100 cm <sup>3</sup>	3 (kg/m <sup>3</sup> )	21,31 <sup>a</sup>
T2	140 cm <sup>3</sup>	3 (kg/m <sup>3</sup> )	18,41 <sup>b</sup>
T3	100 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	18,24 <sup>b</sup>
T5	50 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	14,55 <sup>c</sup>
T6	50 cm <sup>3</sup>	3 (kg/m <sup>3</sup> )	13,88 <sup>c</sup>

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas (P < 0,05).

A los nueve meses en la variable altura de tallo, el ANAVA detectó diferencias significativas solo para el factor volumen de tubete considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Con el test de comparación de medias de Tukey se comprobó que el tratamiento 4, 1, 2 y 3 se diferencian significativamente de los demás tratamientos ensayados y el 4 junto al 1 son los que presentaron los mayores valores de altura del tallo promedio. **Tabla 5.**

**Tabla 5:** Valores medios de Altura de tallo de plantines de *P. dubium*, para cada tratamiento a los nueve meses.

**Table 5:** Mean values of stem height of seedlings of *P. dubium*, for each treatment at nine months.

Nº Tratamiento	Volumen tubetes	Dosis Fertilizante	Altura promedio (cm)
T4	100 cm <sup>3</sup>	3,0 Kg/m <sup>3</sup>	22,85 <sup>a</sup>
T1	140 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	22,4 <sup>a</sup>
T2	140 cm <sup>3</sup>	3,0 Kg/m <sup>3</sup>	20,25 <sup>a</sup>
T3	100 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	19,85 <sup>a</sup>
T5	50 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	16,6 <sup>b</sup>
T6	50 cm <sup>3</sup>	3,0 Kg/m <sup>3</sup>	15,75 <sup>b</sup>

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Tanto para las variables altura de tallo como para el d.a.c., a los seis como a los nueve meses los tratamientos con menores valores fueron los que se realizaron en tubetes de 50 cm<sup>3</sup>.

En cuanto a la calidad de los plantines de *P. dubium*, estos tienen valores de esbeltez adecuados en todos los tratamientos (menores a 6) por lo que se tratan de plantines con buen equilibrio entre la longitud del tallo y el d.a.c. Los resultados del Índice Tallo Raíz (ITR) presentan valores inferiores a 2 como recomiendan Gil y Pardo (1997) para especies de *Pinus*, aunque no coinciden con los valores óptimos mencionados por Iverson, en ninguno de los tratamientos. **Tabla 6.**

**Tabla 6:** Indicadores de calidad de *P. dubium* a los nueve meses.

**Table 6:** Quality Indicators of *P. dubium* at nine months

Nº tratamiento	Volumen tubetes	Dosis Fertilizante	BH Total	BS Total	ITR Iverson: BSA/BSR	IL	IE (Esbeltez)
T1	140 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	7,8	5,4	0,9	69	6,0
T2	140 cm <sup>3</sup>	3 (kg/m <sup>3</sup> )	6,2	4,6	0,7	75	5,6
T3	100 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	6,3	4,3	0,8	68	4,9
T4	100 cm <sup>3</sup>	3 (kg/m <sup>3</sup> )	8,0	5,3	0,9	67	5,3
T5	40 cm <sup>3</sup>	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	2,4	1,8	1,1	78	5,5
T6	40 cm <sup>3</sup>	3 (kg/m <sup>3</sup> )	2,7	2,1	0,8	81	5,6

Con respecto al Índice de Lignificación (IL), que es cuando las plantas logradas presentan una mayor proporción de materia seca estaría indicando un mayor nivel de lignificación de los tejidos y en todos los tratamientos se puede observar valores altos de lignificación de los plantines

### Especie *M. paraguariense*

Para *M. paraguariense* el ANAVA realizado a los datos de d.a.c., a los seis meses, detectó diferencias significativas para el factor sustrato y en la interacción del factor sustrato y el factor fertilizante, considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Con el test de comparación de medias de Tukey se comprobó que el tratamiento T7 (sustrato mezcla; 1,5 kg fertilizante y en tubetes de 100 cm<sup>3</sup>) no se diferencia significativamente de los tratamientos T3, T4 y T6, y son los que presentaron los mayores valores de diámetro a la altura del cuello promedio a los seis meses. **Tabla 7.** El menor valor de d.a.c. corresponde al tratamiento 1 que constaba de CPC como sustrato con 1,5 de fertilizante de liberación lenta y fue realizado en tubetes de 140 cm<sup>3</sup>.

**Tabla 7:** Valores medios de dac de plantines de *M. paraguariense*, para cada tratamiento a los seis meses.

**Table 7:** Mean values of dac for seedlings of *M. paraguariense*, for each treatment at six months.

N° Tratamientos.	Sustrato	Dosis Fertilizante	Volumen Tubetes	dac Promedio (mm)
T7	Mezcla	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )	2,61 <sup>a</sup>
T3	Mezcla	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )	2,49 <sup>ab</sup>
T4	Mezcla	3 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )	2,43 <sup>abc</sup>
T6	CPC	3 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )	2,43 <sup>abc</sup>
T8	Mezcla	3 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )	2,33 <sup>bcd</sup>
T2	CPC	3 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )	2,31 <sup>bcd</sup>
T5	CPC	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	100 (cm <sup>3</sup> )	2,23 <sup>cd</sup>
T1	CPC	1,5 (kg/m <sup>3</sup> )	140 (cm <sup>3</sup> )	2,11 <sup>d</sup>

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas (P < 0,05).

A los nueve meses el Análisis de Variancia realizado a los datos de dac, detectó diferencias significativas para el factor tamaño de tubetes, y en la interacción sustrato por factor tamaño de tubetes, considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Con el test de comparación de medias de Tukey se comprobó que los tratamientos T3 y T4 no se diferencian significativamente de los tratamientos T2, T1, T6 y son los que presentaron los mayores valores de diámetro a la altura del cuello promedio, pero además estos últimos no se diferencian significativamente de los tratamientos T5, T8 Y T7. **Tabla 8.**

**Tabla 8:** Valores medios de dac de plantines de *M. paraguariense*, para cada tratamiento a los nueve meses

**Table 8:** Mean values of dac for seedlings of *M. paraguariense*, for each treatment at nine months

N° Tratamiento	Dosis fertilizante	Sustrato	Tamaño tubetes	dac promedio (mm)
T3	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	Mezcla	140 cm <sup>3</sup>	3,24 <sup>a</sup>
T4	3 Kg/m <sup>3</sup>	Mezcla	140 cm <sup>3</sup>	3,20 <sup>a</sup>
T2	3 Kg/m <sup>3</sup>	CPC	140 cm <sup>3</sup>	2,98ab
T1	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	CPC	140 cm <sup>3</sup>	2,94ab
T6	3 Kg/m <sup>3</sup>	CPC	90 cm <sup>3</sup>	2,87ab
T5	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	CPC	90 cm <sup>3</sup>	2,67b
T8	3 Kg/m <sup>3</sup>	Mezcla	90 cm <sup>3</sup>	2,63b
T7	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	Mezcla	90 cm <sup>3</sup>	2,62b

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas (P < 0,05).

Con respecto a la variable altura de tallo, el ANAVA realizado detectó diferencias significativas para el factor sustrato y volumen del tubete y en la interacción de ambos factores, considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Con el test de comparación de medias de Tukey se comprobó que el tratamiento T4 (sustrato Mezcla; 3 kg fertilizante y en tubetes de 140 cm<sup>3</sup>) no se diferencia significativamente del tratamiento T3 (sustrato Mezcla; 1,5 kg fertilizante y en tubetes de 140 cm<sup>3</sup>), y son los dos tratamientos que presentaron los mayores valores de altura de tallo promedio, **Tabla 9.**

El menor valor de esta variable corresponde al tratamiento 1 que constaba de CPC como sustrato con 1,5 de fertilizante de liberación lenta y fue realizado en tubetes de 140 cm<sup>3</sup>, el tratamiento 1 no se diferencia significativamente de los tratamientos T7, T6, T8, T2 y T5.

**Tabla 9:** Valores medios de altura de tallo de plantines de *M. paraguariense*, para cada tratamiento a los seis meses.

**Table 9:** Mean values of stem height for *M. paraguariense* seedlings, for each treatment at six months

N° tratamientos	Sustrato	Dosis fertilizante	Volumen tubetes	Altura de tallo promedio (cm)
T4	Mezcla	3,0 (kg/m3)	140 cm3	17,27 <sup>a</sup>
T3	Mezcla	1,5 (kg/m3)	140 cm3	16,78 <sup>ab</sup>
T7	Mezcla	1,5 (kg/m3)	90 cm3	15,51 <sup>bc</sup>
T6	CPC	3,0 (kg/m3)	90 cm3	15,13 <sup>c</sup>
T8	mezcla	3,0 (kg/m3)	90 cm3	14,83 <sup>c</sup>
T2	CPC	3,0 (kg/m3)	140 cm3	14,68 <sup>c</sup>
T5	CPC	1,5 (kg/m3)	90 cm3	14,51 <sup>c</sup>
T1	CPC	1,5 (kg/m3)	140 cm3	14,07 <sup>c</sup>

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas (P < 0,05).

A los nueve meses el Análisis de Variancia realizado a los datos de altura de tallo, detectó diferencias significativas para el factor sustrato, tamaño del tubetes, dosis de fertilizante y en las interacciones Dosis fertilizante\*sustrato, Dosis fertilizante \* tamaño de tubetes y Sustrato \* tamaño de tubetes, considerando un nivel de probabilidad de 0,05. Con el test de comparación de medias de Tukey se comprobó que el tratamiento T3 no se diferencia significativamente del tratamiento T4 y son los dos tratamientos que presentaron los mayores valores de altura de tallo promedio, los tratamientos que presentaron los menores valores fueron los tratamientos T5, T6, T2 y T7, pero estos a su vez no se diferencian significativamente del tratamiento T8. **Tabla 10.**

**Tabla 10:** Valores medios de altura de tallo de plantines de *M. paraguariense*, para cada tratamiento a los nueve meses.

**Table 10:** Mean values of stem height for *M. paraguariense* seedlings, for each treatment at nine months

Tratamiento	Dosis fertilizante	Sustrato	Tamaño tubetes	Altura Promedio (cm)
T3	Baja	Mezcla	140 cm3	23,76 <sup>a</sup>
T4	Alta	Mezcla	140 cm3	22,85 <sup>ab</sup>
T1	Baja	CPC	140 cm3	19,4 <sup>bc</sup>
T8	Alta	Mezcla	90 cm3	17,6 <sup>cd</sup>
T5	Baja	CPC	90 cm3	17,55 <sup>d</sup>
T6	Alta	CPC	90 cm3	16,45 <sup>d</sup>
T2	Alta	CPC	140 cm3	16,4 <sup>d</sup>
T7	Baja	Mezcla	90 cm3	15,15 <sup>d</sup>

Letras diferentes junto al promedio indican diferencias significativas (P < 0,05).



En cuanto a la calidad de los plantines de *M. paraguariense*, (**Tabla 11**) estos tienen valores de esbeltez menores a 8 por lo que se tratan de plantines con equilibrio entre la longitud del tallo y el d.a.c. Los resultados del Índice Tallo/Raíz (ITR) en todos los casos presentan valores inferiores a 2, valores indicados para especies de *Pinus* y los tratamientos que fueron en tubetes de 140 cm<sup>3</sup> son los más cercanos a los valores óptimos indicados por Iverson.

Con respecto a la proporción de materia seca total con relación a la materia verde total (IL) en todos los tratamientos se puede observar valores altos de lignificación de los plantines ya que presentan una mayor proporción de materia seca, esto estaría dando la pauta que estos plantines tendrían bajos requerimientos de agua cuando se instalen en el terreno definitivo.

**Tabla 11: Indicadores de calidad de *M. paraguariense* a los nueve meses.**

**Table 11: Quality Indicators of *M. paraguariense* at nine months.**

N° tratamiento	Volumen tubete	Dosis fertilizante	Sustrato	BH Total	BS Total	ITR BSA/BSR	IL	IE Esbeltez
T1	140 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	100% CPC	4,68	3,92	1,3	84	6,6
T2	140 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	50% CPC	3,00	2,73	1,3	91	5,5
T3	140 cm <sup>3</sup>	3 Kg/m <sup>3</sup>	100% CPC	3,41	2,82	1,3	83	7,3
T4	140 cm <sup>3</sup>	3 Kg/m <sup>3</sup>	50% CPC	3,87	3,46	1,3	89	7,1
T5	100 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	100% CPC	3,02	2,88	0,9	95	6,6
T6	100 cm <sup>3</sup>	1,5 Kg/m <sup>3</sup>	50% CPC	3,06	2,85	1,0	93	5,7
T7	100 cm <sup>3</sup>	3 Kg/m <sup>3</sup>	100% CPC	3,87	3,32	0,8	86	5,8
T8	100 cm <sup>3</sup>	3 Kg/m <sup>3</sup>	50% CPC	2,13	1,70	0,7	80	6,7

### Conclusiones

La determinación de indicadores de calidad para *P. dubium* señala una mayor altura y dac cuando se utilizaron tubetes de 100 cm<sup>3</sup> con 3 kg /m<sup>3</sup> de fertilizante y corteza como sustrato y en *M. paraguariensis*, este mejor resultado se logro con tubetes de 140 cm<sup>3</sup> con 1,5 kg /m<sup>3</sup> de fertilizante y la mezcla de arcilla, arena y corteza de pino compostada como sustrato.

El índice de esbeltez para *P. dubium* en todos los tratamientos resultaron adecuados ya que presentaron valores inferiores a 6; además los plantines de esta especie a los nueve meses de la siembra tenían valores altos de lignificación. En *M. paraguariensis*, todos los tratamientos también resultaron adecuados ya que presentaron valores inferiores a 8, también con altos valores de lignificación de los plantines.

### Recomendaciones

Con respecto a la calidad de los plantines, se debería complementar la viverización con los ensayos de establecimiento a campo para determinar cuáles son los índices de calidad adecuados para cada especie en particular.

## Bibliografía

- Barney E, Eibl B, Zaderenko C, Bohren A, Barth S, Niella F y Rocha P. 2011. Eficiencia en la utilización de biomasa para el autoabastecimiento de energía en la industria de la madera. Informe Final. Convocatoria especial SGCyT UNaM SGCyT 2007. Desarrollo sostenible y energía. Res.1453/07, Res.CD FCF-054/08.FCF- ISIF 177 / II23
- Birchler T, Rose R W, Royo A, Pardos M. 1998. La planta ideal: revisión de conceptos, parámetros definitorios e implementación práctica. Invest. Agr.: Sist. Rec. For. Vol.7(1 y 2).
- Duryea M. 1990. Nursery-fertilization and top pruning of slash pine seedlings. South J. Appl. For. 14: 73-76
- García, M. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. En Actas XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia. Entre Ríos.
- Gil L y Pardos J A. 1997. Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. Cuadernos de la SEFC, 4:27-34.
- Haase, D. 2008. Understanding forest seedling quality: Measurements and interpretation. Tree Planters Notes. Vol 52:2.Oregon, EEUU.
- Hunt, G. A. 1990. Effect of styroblock design and copper on morphology of conifer seedlings. En: Rose, R., S. J. Campbell y T. D. Landis (eds.). Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1990 August 13-17; Roseburg, OR. General Technical Report RM-200. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 218-222. disponible en: <http://www.fcanet.org/proceedings/1990/hunt.pdf>
- Olivo V B y Buduba C G. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. Bosque 27(3):267-271.
- Parviainen, J. V. 1981. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: Seminário de Sementes e Viveiros Florestais, 1. FUPPEF Curitiba, Brasil. Pp 59-90.
- Quiroz M I, Edison García R, González O, Chung G, Karoline Casanova D, Soto G. 2009. Calidad de planta y certificación. Instituto forestal – INFOR, Centro Tecnológico de la planta forestal – CTPF. Chile.

**DENSIDAD BÁSICA DE *Eucalyptus grandis* H PARA DIFERENTES EDADES Y ZONAS AGROECOLÓGICAS DE LA REGIÓN MESOPOTÁMICA**

**BASIC DENSITY OF *Eucalyptus grandis* H WOOD FOR DIFFERENT AGES AND AGRO-ECOLOGICAL ZONES OF MESOPOTAMIA REGION**

**Winck, Rosa Ángela<sup>1</sup>; Fassola, H.E.<sup>1</sup>; Barth, S.R.<sup>1,2</sup>; Keller, A.E.<sup>1</sup>; Crechi, E.H.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472, (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. Tel 54 3751 480512. winck.rosa@inta.gob.ar

<sup>2</sup> FCF UNaM. Bertoni 124, (3380) Eldorado, Misiones Argentina.

\* Proyecto Financiado por los PNFOR 042211 y 1104074.

^ Resumen fue presentado en el 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano

**Resumen**

La utilización de *Eucalyptus grandis* constituye una alternativa para la obtención de productos sólidos, en especial aquellos con valor agregado. Por ello resulta relevante conocer sus propiedades, siendo la densidad básica una de las más importantes, dado que se relaciona con otras, como la resistencia y la estabilidad de la madera. Con el objetivo de evaluar la variación transversal y longitudinal de la densidad básica en dos zonas agroecológicas, se tomaron muestras a diferentes alturas, de árboles entre 4 y 32 años de edad. Se aparearon 23 ejemplares de Misiones y 18 de Corrientes. Los resultados demostraron que la zona influyó en los valores de densidad. Los valores medios, máximos y mínimos de los ejemplares evaluados fueron de 0,48, 0,79 y 0,30 gr/cm<sup>3</sup> para el rango de edades estudiadas, con un desvío estándar de 0,09. La densidad básica aumentó en el sentido radial y con la altura relativa del árbol.

**Palabras clave:** peso específico, eucalipto, variación transversal y longitudinal, zonas agroclimáticas.

**Summary**

The use of *Eucalyptus grandis* arises as an alternative to obtain solid products, especially those with added value. Thereby is important know its properties, between them; basic density is one of the most important, because it relates to other, as the strength and stability of the timber. Aiming of evaluate the transverse and longitudinal variation of basic density in two agro-ecological zones, proceeded to obtain samples at different heights of trees between 4 and 32 years olds. This cut down 23 individuals of Misiones and 18 of Corrientes. The results indicate that the zone influenced density values. The average, maximum and minimum values of the tree valued were 0.48, 0.79 and 0.30 g/cm<sup>3</sup> for the age range studied, with a standard deviation of 0.09. Basic density increased in the radial direction and the relative height of the tree.

**Keywords:** specific gravity, eucalipto, cross and longitudinal variation, agroclimatic zones.

## Introducción

*Eucalyptus grandis* es la segunda especie que más se cultiva en Argentina, y la primera dentro de los eucaliptos, esto se da también en Brasil, Uruguay, Paraguay y Sudáfrica. Debido a su veteado suave y su coloración rosada, en ciertos casos puede sustituir a maderas nativas tropicales. Esta especie, es tal vez la más cultivada de los eucaliptos con destino sólidos, por la versatilidad de su madera y principalmente debido a su tasa de crecimiento cuando se encuentra en condiciones favorables, que en varios sitios supera los 50m<sup>3</sup>/ha/año (Sanches-Acosta, 2006). Si bien *E. grandis* presenta alrededor del 50% de la densidad (0,48g/cm<sup>3</sup>) y de la dureza (451 kg/cm<sup>2</sup>) que de los *E. tereticornis*, *camaldulensis*, *globulus* y *viminales*, es más fácil de trabajar, se obtienen mayores rendimientos en el aserrado (entre 30 y 48%) (Tinto, 1991 y Sanchez, 2006) y es muy utilizado para una amplia gama de productos en la industria del aserrado, como tablas y tirantes largos (construcción, encofrados y machimbres) o para piezas cortas para cajonería, pallets, embalajes. También se emplean para tableros compensados y láminas alcanzando rendimientos de 48% (18 % caras) en arboles podados y 42% (5% de caras) en arboles no podados (Sanchez, 2006).

Entre los indicadores de la calidad o aptitud de la madera para uso sólido existen ciertas propiedades mecánicas (MOE, MOR, dureza) como así también propiedades físicas (contracciones y densidad de la madera) que son de indiscutible relevancia ya que se relacionan con el tipo de producto a obtener. Es importante tener en cuenta que los valores de estas propiedades no son constantes dentro de un mismo árbol, existen variaciones en sentido transversal y longitudinal, como así también entre árboles. Además varían con el índice de sitio, con el tratamiento silvicultural aplicado y con la edad del árbol. El objetivo de este trabajo fue determinar la variación de la densidad básica en el sentido radial y con la altura relativa del árbol de *Eucalyptus grandis* de diferentes edades, cultivados en dos zonas agroecológicas.

## Materiales y métodos

Los árboles se obtuvieron de dos zonas agroecológicas, *zona 1*: Misiones Norte-Alta Misiones y *zona 2*: Misiones Sur-NE de Corrientes (Papadakis, 1974). Estas zonas corresponde a la región fitogeografía de la Provincia Paranaense, Dominio Amazónico (Cabrera, 1976), donde se presentan dos distritos: el de las selvas-norte de la provincia de Misiones -y el de los campos, con extensos pastizales en el sur de la provincia de Misiones y NE de la provincia de Corrientes (Cabrera, 1976; Rodriguez *et al.*, 2004).

Los suelos derivan de la meteorización de la roca basáltica presentando color rojo, siendo arcillosos en todo su perfil. El clima según la clasificación de Köppen es de tipo Cfa, macrotérmico, constantemente húmedo y subtropical (Rodriguez *et al.*, 2004). La precipitación media durante el período 1981-1990, fue de 1919 mm en Iguazú y 1947 mm en Posadas, localidades más cercanas a la región considerada. La temperatura media anual fue en el mismo período de 20,7 y 21,5°C respectivamente (Servicio Meteorológico Nacional, 2008).

Se emplearon 41 árboles en total, 23 árboles provenientes de parcelas ubicadas en la zona 1 y 18 de la zona 2, con edades entre 4 y 32 años. En cada parcela se midieron los diámetros a la altura del pecho (dap 1,3 m) de todos los individuos. Se clasificaron los árboles según su posición fitosociológica en suprimidos, codominantes y dominantes (Köhl *et al.*, 2006). De cada estrato se apearon dos ejemplares. En la tabla 1 se presentan los valores medios de las principales variables de estado de los rodales donde se efectuó el apeo. El fuste del árbol fue trozado en largos comerciales y en cada extremo de las trozas se tomaron rodajas de 2,5 cm de espesor, desde la base del árbol hasta llegar a los 5 cm de diámetro en el fuste.

Dado que el trozado se realizó en largo variable, para el análisis de la variación longitudinal de la densidad básica se trabajó con la altura relativa ( $hr = hc/ht * 100$ ), agrupándolas en 5 clases relativas:

A=0-19,99%; B=20-39,99%; C=40-59,99%; D=60-79,99% y E=80-100%

Dentro de cada altura relativa se agruparon según la distancia a médula, en 3 clases de posición transversal relativa: A=0-33,33%; B=33,34-66,66% y C= 66,67-100%.

De cada una de las rodajas obtenidas a diferentes alturas relativas, se sacó un listón central con largo equivalente al diámetro de la misma. Se diseñaron y se prepararon probetas de 2x2 cm (IRAM 9544, 1973), alcanzando un total 3686 muestras. El volumen de las mismas se determinó mediante el método de desplazamiento volumétrico, luego las probetas que fueron llevadas a estufa a una temperatura de  $103 \pm 2$  °C hasta peso constante para estimar densidad básica con la siguiente ecuación (1):

$$\text{Ecuación (1)} \quad DB = \frac{P_A}{V_S}$$

Donde DB= Densidad Básica ( $g/cm^3$ ), PA=peso anhidro (g), VS =volumen saturado ( $cm^3$ ).

**Tabla 1:** Valores medios de las principales variables de estado de las parcelas de *Eucalyptus grandis* por zona:

**Table 1:** Mean values of the main state variables of the plots of *Eucalyptus grandis* by zone:

Zona	Edad (años)	IS	Cantidad de árboles	Nº (árboles/ha)	dap medio (cm)	h media (m)	hdom (m)	AB ( $m^2/ha$ )	Vcc ( $m^3/ha$ )	Vsc ( $m^3/ha$ )
1	5	49	6	400	21,40	21,91	22,98	14,01	138,87	120,66
	10	44	6	278	36,75	33,86	36,60	27,79	416,63	384,33
	15	41	6	200	46,18	40,99	41,10	23,79	403,92	374,53
	32	41	5	461	54,48	39,69	50,95	61,10	1047,11	964,79
<b>Media</b>	<b>15</b>	<b>44</b>	<b>23</b>	<b>335</b>	<b>39,70</b>	<b>34,11</b>	<b>37,91</b>	<b>31,67</b>	<b>501,63</b>	<b>461,08</b>
2	4	39	6	325	17,40	16,88	18,38	7,15	56,60	47,68
	10	45	6	189	36,13	37,64	37,21	19,55	314,92	289,43
	12	38	6	133	36,23	33,70	33,95	13,99	201,47	185,60
<b>Media</b>	<b>9</b>	<b>41</b>	<b>18</b>	<b>216</b>	<b>29,92</b>	<b>29,41</b>	<b>29,85</b>	<b>13,56</b>	<b>191,00</b>	<b>174,24</b>
<b>Media general</b>		<b>42</b>	<b>41</b>	<b>284</b>	<b>35,51</b>	<b>32,10</b>	<b>34,45</b>	<b>23,91</b>	<b>368,51</b>	<b>338,15</b>

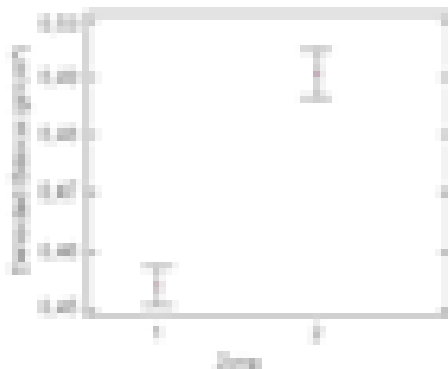
Donde IS=índice de sitio, Nº=número de árboles por hectárea, dap=diámetro promedio a 1,3m, h=altura total media; hdom=altura dominante, AB=área basal por hectárea, Vcc=volumen con corteza, Vsc= volumen sin corteza.

### Análisis de datos

Se analizaron los datos con análisis de la variancia, teniendo en cuenta como fuentes de variación a la zona agroecológica, edad, como zona influyó estadísticamente en la densidad básica (DB), se realizó un análisis multifactorial para cada zona, teniendo en cuenta como factores, edad, posición radial (%) y altura relativa del árbol (%).

## Resultados

Los valores de densidad básica del *Eucalyptus grandis* variaron según la zona agroecológica considerada (p-valor=0000) y la edad (p-valor=0000) para el 95% de probabilidad. El valor medio de BD para la zona 1 y 2 fue de 0,454g/cm<sup>3</sup> y 0,491g/cm<sup>3</sup> respectivamente (**figura 1**).



**Figura 1: Densidad básica media de *Eucalyptus grandis* por zona**  
**Figure 1: Mean basic density *Eucalyptus grandis* wood by zone**

Los valores de la densidad básica fueron más homogéneos para las edades más juveniles, presentaron menores valores de desviación estándar respecto a la media.

La densidad básica en la zona 1, fue menor que en la zona 2, esto puede deberse a la mayor tasa de crecimiento.

Para el rango de edades estudiadas, los valores medios de densidad básica variaron entre 0,41 y 0,57 g/cm<sup>3</sup>.

La zona 1 contaba con mayor densidad inicial de plantación, por lo tanto sería de esperar un menor crecimiento radial y mayor densidad básica, al crecer en mayor estado de competencia, en este caso no se cumplió este supuesto. La cantidad de árboles por hectárea no influyó en la densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis*, para el rango de edades estudiadas (**tabla 2**).

Se realizaron correlaciones entre la DB y las variables del rodal (**tabla 2**), como así también con variables del árbol (tabla 3). La densidad básica no se relacionó con densidad inicial de plantación (p-valor=0,6580 y R=0,0712), tampoco con el IS (p-valor=0,1560 y R=-0,2257), sin embargo mostró relaciones importantes con las demás variables del rodal, con valores de R=0,7530 con edad; 0,7230 con la altura dominante; 0,7117 con el volumen total sin corteza en m<sup>3</sup>/ha, 0,7099 con el volumen total con corteza en m<sup>3</sup>/ha, 0,6758 con área basal en m<sup>2</sup>/ha; 0,6406 con la altura hasta la base de copa viva; 0,6241 con la altura total y 0,3941 con el diámetro medio cuadrático.

**Tabla 2: Correlaciones entre la densidad básica de *Eucalyptus grandis* y variables del rodal.**  
**Table 2: Correlations between basic density of *Eucalyptus grandis* and stand variables.**

		p-valor										
		DB	Arb/ha	AB/ha	dapq	h	hdom	IS	hbcv	Vt cc m <sup>3</sup> /ha	Vt sc m <sup>3</sup> /ha	Edad
Coeficiente de Correlación	DB		0,6580	0,0000	0,0108	0,0000	0,0000	0,1560	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Arb/ha	0,0712		0,0015	0,0435	0,0246	0,7853	0,0215	0,0000	0,0078	0,0093	0,0934
	AB/ha	0,6758	0,4792		0,0000	0,0000	0,0000	0,8364	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	dapq	0,3941	0,3169	0,7384		0,0001	0,0000	0,7297	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
	h	0,6241	-0,3506	0,6119	0,5795		0,0000	0,4244	0,0255	0,0000	0,0000	0,0000
	hdom	0,7230	-0,0439	0,8455	0,6917	0,9372		0,3423	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	IS	-0,2257	0,3582	-0,0333	0,0556	-0,1282	-0,1522		0,3337	0,5871	0,5618	0,0559
	hbcv	0,6406	0,6170	0,9134	0,4852	0,3485	0,6430	-0,1549		0,0000	0,0000	0,0000
	Vtcc m <sup>3</sup> /ha	0,7099	0,4101	0,9954	0,7371	0,6665	0,8821	-0,0873	0,9026		0,0000	0,0000
	Vtsc m <sup>3</sup> /ha	0,7117	0,4014	0,9946	0,7388	0,6728	0,8862	-0,0933	0,8997	0,9999		0,0000
	Edad	0,7530	0,2655	0,9358	0,6359	0,7004	0,8919	-0,3009	0,8967	0,9571	0,9585	

En la **tabla 3** se presentan las correlaciones entre la densidad básica y las variables del árbol, todas fueron altamente significativas al 95% de probabilidad (p-valor=0,0000).

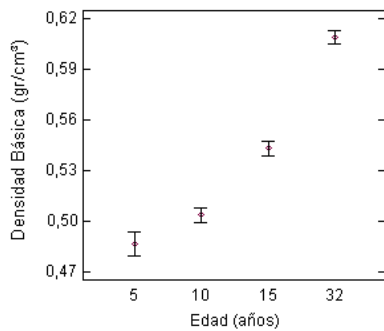
Gonçalves *et al.* (2004) analizaron los efectos de los tratamientos silviculturales (fertilización, espaciamiento, control de malezas y raleos) sobre la productividad y la calidad de la madera en plantaciones de eucaliptos y sostienen que no hay una única regla en cuanto a los diferentes tratamientos silviculturales que afectan a la densidad de la madera, pero sostienen que los factores ambientales, como disponibilidad de luz, de agua y temperatura, causan efectos más significativos en la formación de la madera.

**Tabla 3: Correlaciones entre la densidad básica de *Eucalyptus grandis* y variables del árbol.**  
**Table 3: Correlations between basic density of *Eucalyptus grandis* and tree variables.**

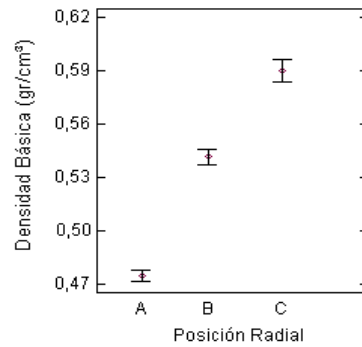
		p-valor							
		DB	dap	h	g	hbcv	Vtcc	Vtsc	lcv
Coef. de Correlación	DB		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009
	dap	0,7504		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	h	0,7396	0,9124		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	g	0,7777	0,9752	0,8493		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	hbcv	0,6616	0,6678	0,7310	0,6305		0,0000	0,0000	0,2149
	Vtcc	0,8039	0,9541	0,8789	0,9787	0,6837		0,0000	0,0000
	Vtsc	0,7971	0,9542	0,8795	0,9770	0,6797	0,9995		0,0000
	lcv	0,4986	0,7416	0,8135	0,6827	0,1979	0,6800	0,6842	

### Variación de la densidad básica- zona 1:

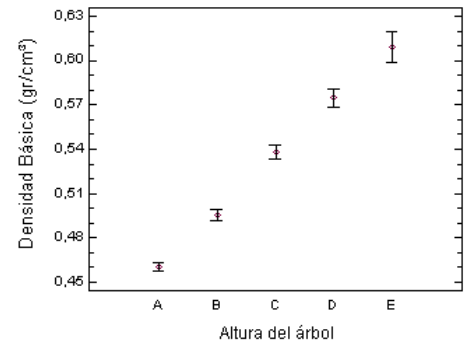
Para la zona 1 los valores de densidad básica de *Eucalyptus grandis* aumentan con la edad (p-valor=0000), con la distancia a la medula (p-valor=0000) y con la altura del árbol (p-valor=0000), siendo estadísticamente significativa al 95% de probabilidad (**figura 2a, 2b y 2c**).



**Figura 2a: Densidad básica por edad para zona 1.**  
**Figure 2a: Basic density for age by zone 1.**



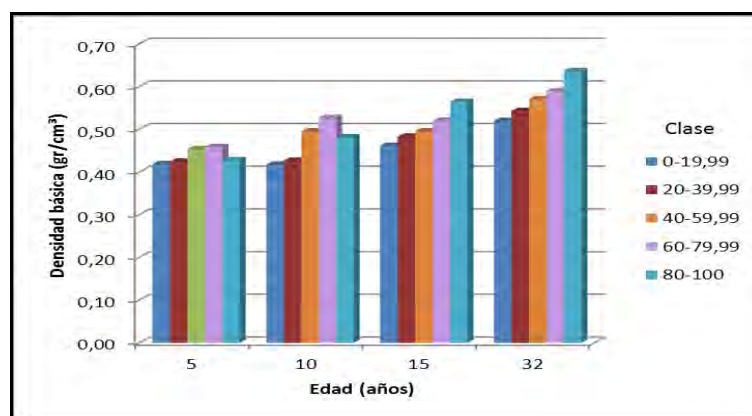
**Figura 2b: Densidad básica por posición radial para zona 1.**  
**Figure 2b: Basic density for radial position by zone 1.**



**Figura 2c: Densidad básica por altura del árbol para zona 1.**  
**Figure 2c: Basic density for tree height by zone 1.**

Los valores medios de densidad básica de *Eucalyptus grandis* en la zona 1 para las edades de 5, 10, 15 y 32 años fueron de 0,49, 0,50, 0,54 y 0,61 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. La DB aumentó radialmente, registrándose valores de 0,48; 0,54 y 0,59 g/cm<sup>3</sup> para las posiciones radiales A, B y C respectivamente. Así también la DB aumentó con la altura de relativa, se registraron los siguientes valores medios para A=0,46, B=0,49, C=0,54 D=0,57 y E=0,61 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. Para las edades entre los 5 y 10 años la DB aumentó hasta la altura relativa de 80% (**figura 3**), luego disminuyó, esto probablemente esté relacionado a la actividad fisiológica del árbol. Alzate y Gil (1999) determinaron para *Eucalyptus grandis* de 7 años de edad una densidad básica media que varió entre sitios de 0,40 a 0,59 g/cm<sup>3</sup>, afirmando que esta disminuye desde la base hasta el nivel del dap, punto a partir del cual aumenta a medida que se avanza hacia la copa, hasta el 75% de la altura total del árbol. Sin embargo en este estudio, para edades superiores a los 15 años se registró un aumento de la DB con la altura del árbol.

Para *Pinus taeda*, la densidad básica disminuyó entre un 15 y 20% con la altura del árbol para las edades de 7 y 10 años respectivamente (Weber, 2005; Barth, 2012).



**Figura 3: Densidad básica para la zona 1 por altura relativa y edad del árbol.**  
**Figure 3: Basic density for zone 1 by relative height and tree age.**

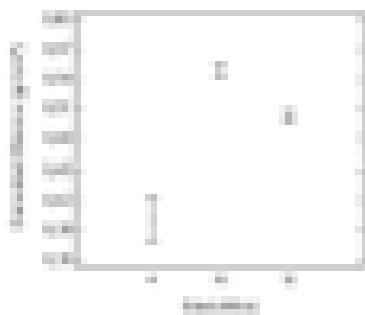


### Variación de la densidad básica- zona 2:

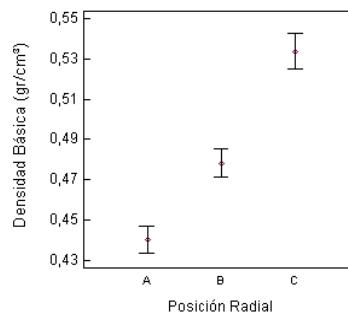
La DB media en la zona 2 fue de 0,40, 0,55 y 0,50 g/cm<sup>3</sup> para las edades de 4, 10 y 12 años. A los 10 años la DB fue mayor que a los 12 años (**figura 4a**). Estas diferencias pueden estar relacionadas a la altura total media de los árboles, que fueron de 37,63m y 35,61 m, y a la longitud de copa viva, que fueron de 16,46m y 14,35m para los 10 y 12 años respectivamente, dado que la DB se relaciona con estas variables (**tabla 3**). Respecto a otras variables del árbol para las edades 10 y 12 años son prácticamente iguales.

Los valores medios de DB del *Eucalyptus grandis* para la zona 2, ascendieron de médula a corteza, con valores de 0,44, 0,48 y 0,53 g/cm<sup>3</sup> para las A B y C respectivamente (**figura 4b**).

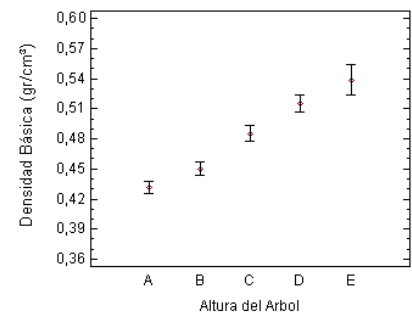
Con respecto a la altura relativa del árbol, la DB de la madera aumentó, registrando los siguientes valores medios de 0,43; 0,45; 0,49; 0,52; 0,54 g/cm<sup>3</sup> para las alturas relativas A; B; C; D y E respectivamente (**figura 4c**).



**Figura 4a: Densidad básica por edad zona 2.**  
**Figure 4a: Basic density for age by zone 2.**



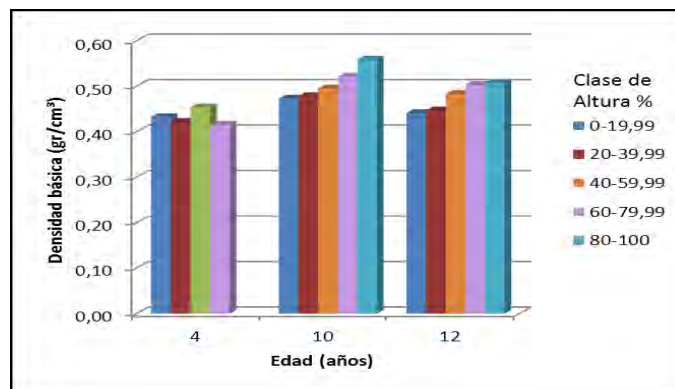
**Figura 4b: Densidad básica por Posición radial zona 2.**  
**Figure 4b: Basic density for radial position by zone 2.**



**Figura 4c: Densidad básica por Altura del árbol zona 2.**  
**Figure 4c: Basic density for tree height by zone 2.**

Los valores más elevados de densidad básica en región apical, probablemente se deban a requisitos mecánicos, soporte de la copa de los árboles de eucalipto.

La DB de los árboles de 4 años de edad de la zona 2, disminuyó para alturas relativas superiores al 80% (**figura 5**).



**Figura 5: Densidad básica para la zona 2 por altura relativa y edad del árbol.**  
**Figure 5: Basic density for zone 2 by relative height and tree age.**

## Conclusiones

La densidad básica media de la madera de *Eucalyptus grandis* de la zona norte de Misiones fue menor que la densidad básica de la madera de la provincia de Corrientes, independientemente de la edad.

La densidad básica de *Eucalyptus grandis* aumentó en el sentido radial para todas las edades y para las 2 zonas agroecológicas.

A partir de los 10 años de edad aproximadamente la densidad básica de *Eucalyptus grandis* aumentó con la altura, esto probablemente esté relacionado al gran porte de la especie y que el fuste actúa como un mecanismo de resistencia para poder soportar a la estructura de la copa.

## Bibliografía

- Alzate, B.A. y Gil, J.F.H. 1999. Variación de la densidad de la madera de *Eucalyptus grandis* en árboles de siete años de edad.
- Barth, S. R.; Fassola H. E.; Crechi, E.; Keller, A.E.; Winck, R. A.; Figueredo, E. I; Knebel O. E. 2012. Densidad de la madera de *Pinus taeda* L. implantado en la zona Misiones – noreste Corrientes, Argentina, en sentido longitudinal y transversal. 15<sup>as</sup> Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA.
- Gonçalves G, F.; 2006. Avaliação da Qualidade da Madeira de Híbrido Clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para Produtos Sólidos, Tese Mestrado, Universidade Federal de Espírito Santo. Brasil.
- IRAM 9544. 1973. Norma para métodos de determinación de densidad aparente en maderas. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6p.
- Köhl, M.; Magnussen, S.; Marchetti, M. 2006. Sampling Methods. Remote Sensing and GIS. Multiresource Forest Inventory. Ed. Springer. Berlin. Heidelberg. Serie Tropical Forestry. p. 17-69.
- Papadakis, J. 1974. Ecología. Posibilidades Agropecuarias de las Provincias Argentinas. Fascículo 3. Enciclopedia Arg. de Agric. y Jardinería. Ed. ACME. 86p.
- Pereyra, O, Gelid, M. 2002. Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* para plantaciones de Misiones y norte de Corrientes. Revista Floresta 33 (1) 3 – 19.
- Pereyra, O. y Gelid, M. 2002. Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* para plantaciones de Misiones y norte de Corrientes. Revista Floresta 33 (1) 3–19.
- Piter, J. C.; Torran, E.; Villalba, I.; Calvo, C; Cuffre, A.; Tejedor, C.; Sosa Zitto, A. Zakowicz, n.; Sanchez Acosta, M. 2006. Contractibilidad en madera de *Eucalyptus grandis* de distinta poblaciones genéticas de la Mesopotamia.
- Rodríguez, M. E. *et al.* 2004. Los bosques nativos misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas. Disponible en: Ecología y Manejo de los bosques de Argentina. Ed.: Arturi M.; Frangi J.; Goya. J. EDULP. La Plata. p. 3-33.
- Sánchez Acosta, M. 1995a. Experiencia Argentina en la utilización del eucalipto. Seminario Internacional de utilizacao da madeira de eucalipto para serraria. Sao Paulo, Brasil. Anais Sao paulo: IPEF/IPT, 74-91pp.
- Sánchez Acosta, M. 2006. Productos Sólidos a Partir de Madera de Eucaliptos Cultivados. INTA. EEA Concordia. Boletín del CIDEU 2: 103-117.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2008. Datos Estadísticos. Período 1981-1990. Ciudades de Iguazú y Posadas. Disponible en: <(http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=Misiones&ciudad=Posadas; http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=Misiones&ciudad=Iguazú)>Acceso en: 24 de mayo de 2011.
- Sette J.R., C.R. *et al.* 2012. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.183-190.
- Tinto, J.C. 1991. Características y aserrado de rollizos de *Eucalyptus grandis*. VI Jornadas forestales de ER, pp 27-50. Concordia.
- Weber, M. E. 2005. Densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L. Marion de diferentes edades, Misiones, Argentina. Revista FLORESTA. v. 35, n. 3. Páginas 487 – 494.

**EFFECTO DEL RALEO SOBRE EL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXION ESTÁTICA DE LA MADERA DE *Pinus taeda* L**

**EFFECT OF THINNING ON THE MODULUS OF ELASTICITY AND MODULUS OF RUPTURE IN STATIC BENDING OF *Pinus taeda* L WOOD**

**Winck, Rosa Ángela<sup>1</sup>; Fassola, H. E.<sup>1</sup>; Suirezs, T. M.<sup>2</sup>; Videla D.<sup>2</sup>; Area, M. C.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472, (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. Tel 54 3751 480512. winck.rosa@inta.gob.ar

<sup>2</sup> FCF UNaM. Bertoni 124, (3380) Eldorado, Misiones Argentina.

<sup>3</sup> Programa de Celulosa y Papel (PROCYP) - Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Universidad Nacional de Misiones (UNaM) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Posadas, Misiones, Argentina.

**Resumen**

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la intensidad raleo sobre el módulo de elasticidad y de rotura a la flexión estática, como así también verificar la variación radial de estas propiedades. Se tomaron muestras de la troza inmediatamente por encima del 1,30 m de altura, de 24 árboles provenientes de un ensayo de raleo en *Pinus taeda* de 20 años de edad, intervenido a los 3 años, con remoción del 0%, 50%, 75% y 87,5% de las plantas de la densidad inicial de plantación (1960 árboles ha<sup>-1</sup>). Se evaluó la flexión estática de la madera. Los tratamientos con 0%, 50% y 75% de raleo favorecieron la obtención de mayores valores de resistencia a la flexión estática y con 87,5% de raleo estas propiedades fueron negativamente afectadas. Se concluyó que esta práctica silvícola altera esta propiedad mecánica de la madera.

**Palabras clave:** intensidad de raleo, resistencia de la madera, posición radial de la muestra.

**Summary**

The aims of this study was to determine the effect of thinning intensity on the modulus of elasticity and on the modulus of rupture in static bending, as well as to verify the radial variation of these properties. Samples of the log immediately above 1.30 m height were taken, from a total of 24 trees, from a thinning treatment of 20 years old *Pinus taeda* intervened at 3 years old, with removal of 0%, 50%, 75% and 87.5% plants of the initial density (1960 trees ha<sup>-1</sup>). Static bending was evaluated. Thinning of 0%, 50% and 75% produced an increase in static bending strength values, whereas thinning of 87.5% affected negatively this property. It was concluded that this silvicultural treatment alters this mechanical property of wood.

**Key words:** thinning intensity, wood strength, radial position of the sample.

## Introducción

Los productores forestales han recurrido a la silvicultura para lograr una mayor diversificación de productos y para aumentar el valor del patrimonio forestal. Los tratamientos silvícolas pueden provocar variaciones en las propiedades de la madera. Como estos cambios no siempre son predecibles, el silvicultor no puede asegurar con certeza que se produzcan ciertas alteraciones. Se supone en general que un patrón de crecimiento variado como consecuencia de la gestión forestal no afecta a las propiedades de la madera producida. Sin embargo, no se encontraron estudios suficientes que determinen el verdadero efecto de la intensidad de raleo sobre las propiedades de la madera. Entre los antecedentes acerca de la influencia del raleo sobre las propiedades de resistencia de la madera, Song *et al.* (2005) encontraron una tendencia para el módulo de elasticidad dinámico, módulo de elasticidad y módulo de rotura a la flexión según la intensidad de raleo aplicado, en el orden: sin raleo > medio > raleo fuerte, indicando que las propiedades medias de resistencia a la flexión disminuyen con la intensidad de raleo. De acuerdo con la tendencia encontrada, concluyeron que las mejores calidades de madera para construcción se logran con la madera de plantaciones que no fueron sometidas a raleo. Por el contrario, otros estudios afirman que el raleo provoca mejoras en el ancho de los anillos sin ningún impacto negativo en propiedades físicas y mecánicas de la madera (Guller, 2007). El conocimiento de los factores que influyen en la calidad de la madera es trascendente para mejorar el valor de las plantaciones. Para Macdonald y Hubert (2002), las características de calidad más importantes en la madera aserrada estructural son las propiedades mecánicas y la estabilidad dimensional en el secado. Estos autores afirman que los árboles con espaciamientos amplios por lo general presentan, entre otras características, fuste poco recto, mayor inclinación del tallo, grandes nudos, menor densidad media y mayor ángulo microfibrilar, lo que resulta en madera aserrada de propiedades mecánicas inferiores y de menor estabilidad dimensional. Cómo no se han encontrado trabajos en la región acerca del efecto del raleo sobre las propiedades mecánicas de la madera de *Pinus taeda*, se planteó como objetivo evaluar el módulo de elasticidad y el módulo de rotura a la flexión estática de la madera de árboles de 20 años de edad de esta especie sujetos a diferentes tratamientos de raleo.

## Materiales y métodos

Se estudiaron árboles provenientes de un ensayo de poda y raleo de *Pinus taeda* ubicado en el lote 13A, propiedad de la Empresa APSA S.A., en Puerto Bossetti, Departamento Iguazú, provincia de Misiones, Argentina. Geográficamente se ubica a los 26° 18' S y 55° 38' O. La plantación fue realizada en 1992 con una densidad inicial de 1960 plantas por hectárea, en 1995 se instaló el ensayo de raleo. Se adoptó el diseño sistemático clinal considerando una faja sin raleo (0%) y fajas con un 50 %, 75 % y 87,5 % de la densidad inicial. Cada faja constó de una bordura perimetral. El ensayo quedó constituido por cuatro tratamientos: T0=0%, T1=50%, T2=75% y T3=87%, intensidades de raleo con respecto a la densidad original, con 1960, 980, 490 y 245 plantas por hectárea respectivamente. Para este estudio se consideró únicamente el tratamiento de raleo.

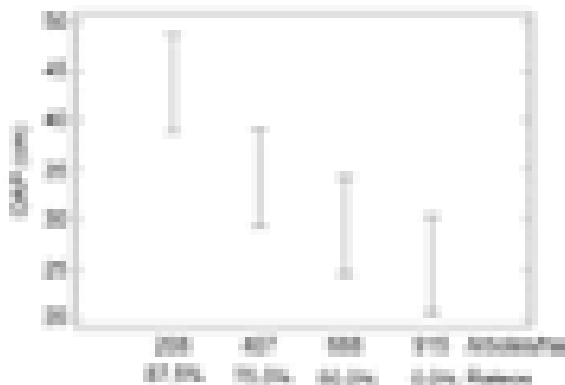
El suelo se clasifica como "Kandiudult" (Soil Survey Staff, 1975). Se caracteriza por un desarrollo en profundidad mayor a los 2 m con secuencia de horizontes y capas A-Bt-C, rojo, libre de pedregosidad y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado y relativamente insaturado.

El clima de la región se caracteriza por una temperatura media anual de 21°C y precipitaciones de alrededor de 2000 mm anuales, con régimen isohigro (INTA, 1990, Servicio Meteorológico Nacional, 2008).

### Selección de los árboles

Se seleccionaron 6 árboles de cada tratamiento (24 en total), de 20 años de edad sin condición de borde, con buen estado sanitario, con fustes derechos, sin bifurcaciones. Para la selección se tuvo en cuenta su posición fitosociológica: suprimidos (S), codominantes (CD) y dominantes (D), de acuerdo con Köhl *et al.* (2006), y se tomaron 2 ejemplares de cada estrato. Cada árbol fue correctamente identificado, midiéndose con cinta dendrométrica el DAP (diámetro a la altura de pecho, 1,30m) y el diámetro en la base de la copa viva, y con cinta métrica la altura total y la altura hasta la base de la copa viva del árbol.

En la **figura 1** se puede observar el DAP medio y la cantidad de árboles por hectárea de *Pinus taeda* a los 20 años de edad para cada tratamiento de raleo.



**Figura 1: Variación en el DAP medio de árboles a los 20 años para los 4 tratamientos de raleo**  
**Figure 1: Variation in the average DAP of 20 years old trees from the 4 thinning treatments**

Para determinar las propiedades de resistencia a la flexión se tomaron los rollizos de 2,80 m de largo, 1 por árbol, obtenidos de la porción del fuste inmediatamente por encima de 1,30 m desde la base. Los 24 rollizos fueron transportados al aserradero, donde se cortaron tablas de 1" de espesor y anchos variables. Las tablas se secaron en cámara y una vez secas, se seleccionaron 2 tablas internas y 2 tablas externas (correspondientes a leño juvenil y leño maduro respectivamente) y se marcaron 4 listones de 2 cm de sección por troza. Se elaboraron las probetas teniendo en cuenta las orientaciones y las dimensiones necesarias para realizar el ensayo.

Las probetas para determinar el módulo de rotura (MOR) y el módulo de elasticidad (MOE) a la flexión estática fueron de 2x2x36 cm, según indica la Norma DIN (Deutsche Industrie Norm), Norma IRAM 9542, y la IRAM 9545 modificando la longitud de la probeta. La carga se aplica tangente a los anillos de crecimiento.

Para calcular el MOR y el MOE a la flexión estática se aplicaran las siguientes ecuaciones 1 y 2 respectivamente:

$$\text{Ecuaciones 1 y 2: } MOR = \frac{3PL}{2bh^2} \quad MOE = \frac{P'L^3}{4bh^3f}$$

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

Los ensayos de flexión fueron realizados en la Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado, empleando un equipo universal de ensayos denominada "Máquina Electromecánica Universal de Ensayos, Modelo 10407030 de procedencia Italiana, fabricante DIDAC-TA®, con capacidad de 300kN y sensibilidad de 300 N".

Los datos fueron analizados con modelos lineales generalizados mixtos. Para emplear estos modelos se buscó la distribución (función de enlace “g”) que mejor representaba los datos, que para este caso fue la Inversa Gaussiana. Se utilizó un nivel de confianza de 95%.

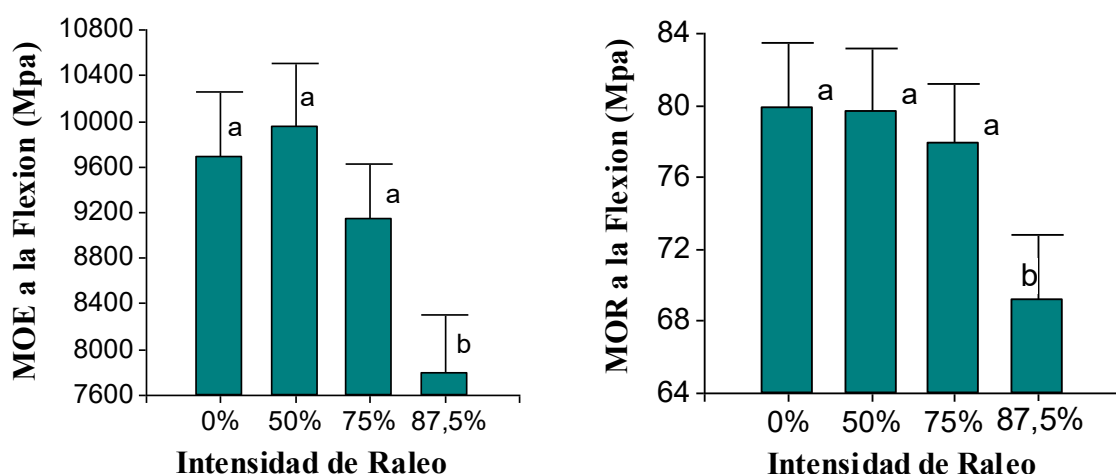
Se consideraron los siguientes factores: intensidad de raleo, posición de la muestra, interacción entre ambos factores, y se empleó el diámetro como covariable. Esta covariable reemplazó al factor estrato, dado que estrato fue definido en base al diámetro.

También se realizaron análisis de correlación de Spearman para determinar si existe algún grado de asociación entre las variables del árbol y las propiedades de resistencia a la flexión.

## Resultados

### Resistencia a la flexión estática

Los valores medios de módulo de elasticidad a la flexión fueron de 9688, 9948, 9145 y 7795 MPa para los tratamientos con 0%, 50%, 75% y 87,5% de raleo respectivamente. Los valores medios de módulo de rotura registrados fueron de 79,8; 79,6; 77,9 y 69,2 MPa para los tratamientos con 0%, 50%, 75% y 87,5% de raleo respectivamente. Los resultados indican que los MOE y MOR para el T0, T1 y T2 son estadísticamente iguales (figura 2).



**Figura 2:** Módulo de elasticidad y de rotura a la flexión estática de muestras provenientes de los 4 tratamientos de raleo.

**Figure 2:** Modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending of wood samples from the 4 thinning treatments.

Las propiedades de resistencia a la flexión se vieron afectadas en el tratamiento con 87,5% de raleo. Los valores medios de MOE y MOR de este tratamiento disminuyeron un 19% y 13% respectivamente con respecto a las medias de los tratamientos T0, T1 y T2.

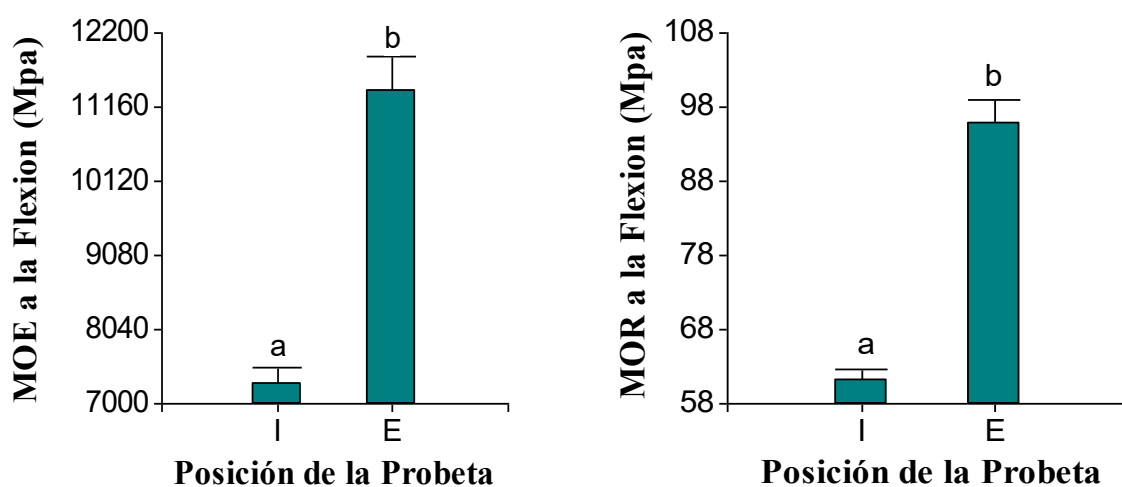
Los valores medios de resistencia a la flexión estática, de modo general (teniendo en cuenta las edades), fueron similares a los determinados por otros autores para esta misma especie (tabla 1).

**Tabla 1: Valores de MOE y MOR de *Pinus taeda* de la región.****Table 1: MOE and MOR values of *Pinus taeda* in the region.**

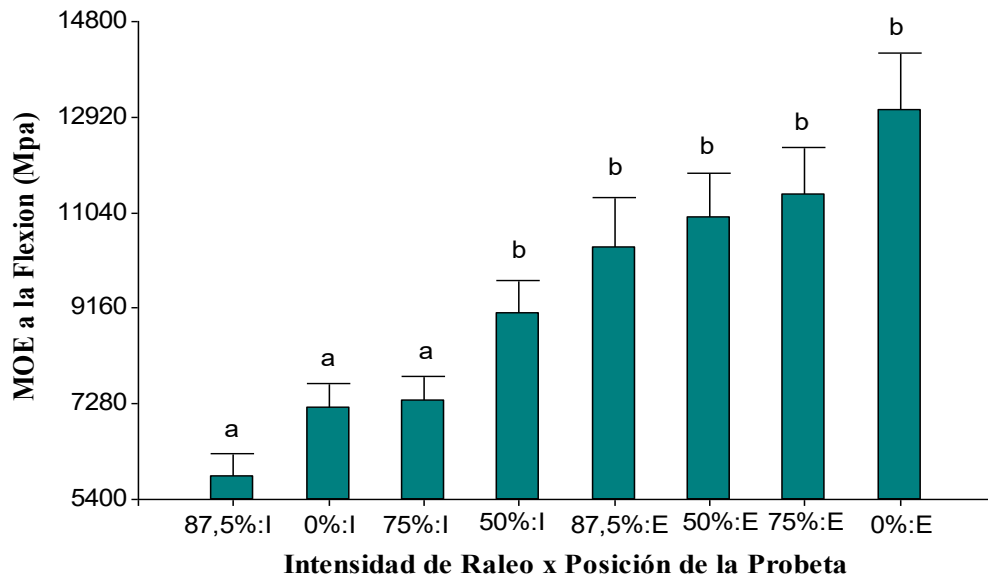
Edad (años)	Lugar	MOE (MPa)	MOR (MPa)	Autor
37	Brasil	13.812	107.33	Ballarin e Palma, 2003.
30	Brasil	12.438	79,00	Bolsón, 1993.
21	Misiones	9.077	71,29	Sparnochia, 1992.
18	Brasil	10.700	75,50	Tomaselli, 1980.
13 y 14	Misiones	6.778	77,60	González, 1993.
14	Misiones	3.926	54,71	Suirezs, 2000.
6		1.256	26,14	
9	Misiones	4.607	41,77	Weber, 2005.
16		8.990	61,36	
20	Misiones	11.392 P.E. 7.276 P.I.	96 P.E. 61 P.I.	Este trabajo

P.E. probetas externas, P.I. probetas internas.

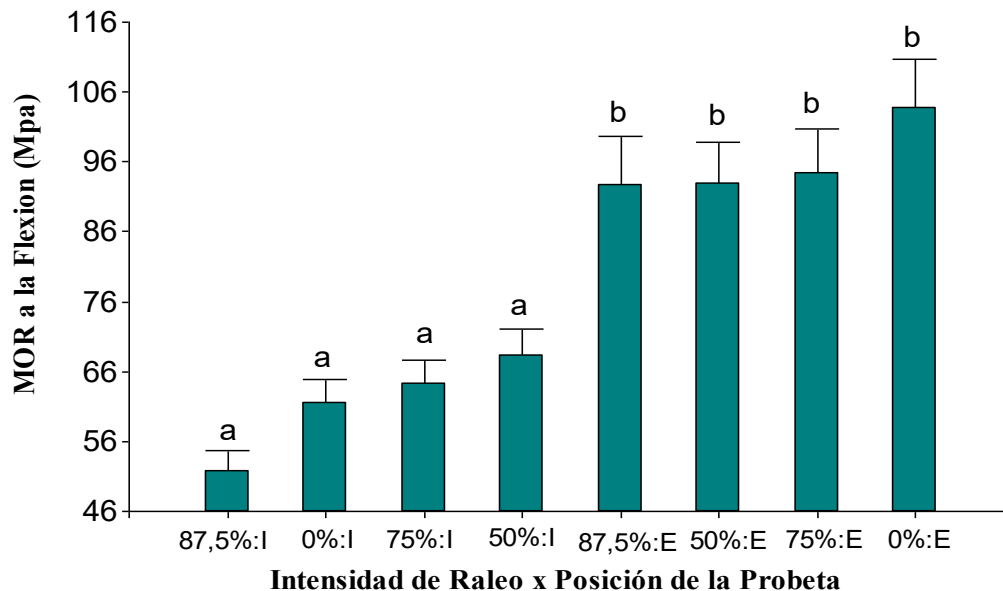
Se determinó que las propiedades de resistencias a la flexión de las muestras externas (madera lateral) de todos los tratamientos son un 36% superior a las internas (**figura 3**). Sin embargo estos porcentajes mejoran con la edad de la plantación. Ballarín y Palma (2003) determinaron que las resistencias de *Pinus taeda* de 37 años fueron muy superiores en la madera madura en relación a la madera juvenil, superando en un 54% y 47% los valores de MOE y MOR respectivamente.

**Figura 3: Módulo de elasticidad y de rotura a la flexión estática de muestras externas e internas.****Figure 3: Modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending of external and internal samples.**

La interacción entre intensidad de raleo y posición de la probeta fue significativa (p-valor=0,03) para el MOE (**figura 4a**), pero no para el MOR (p-valor=0,08) a la flexión estática (**figura 4b**). Si bien las propiedades de resistencia a la flexión en las probetas externas son muy superiores a las de las probetas internas para todos los tratamientos, en el tratamiento de 50% de raleo los valores del MOE de ambas posiciones son muy similares (**figura 4a**).



**Figura 4.a):** Módulo de elasticidad a la flexión para intensidad de raleo por posición de la probeta.  
**Figure 4.a):** Modulus of elasticity in static bending of thinning intensity by position of the sample.



**Figura 4.b):** Módulo de rotura a la flexión para intensidad de raleo por posición de la probeta.  
**Figure 4.b):** Modulus of rupture in static bending of thinning intensity by position of the samples.

#### Asociación entre variables del árbol y la resistencia a la flexión

Las propiedades de resistencia presentaron correlaciones positivas significativas y moderadas con las variables de árbol (**tabla 2**). Los valores del coeficiente  $r$  para el MOE y el diámetro a la altura de pecho, la altura del árbol y diámetro en la base de copa viva fueron de 0,55, 0,63 y 0,45 respectivamente. El módulo de rotura mostró asociación significativa con; árbol, diámetro a la altura de pecho, altura del árbol, relación diámetro y altura y longitud de copa viva con valores de  $r$  de 0,41, 0,67, 0,68, 0,52, 0,41, 0,60 respectivamente, indicando que las propiedades de resistencia a la flexión mejoran con el aumento en el tamaño del árbol.



**Tabla 2: Correlación de Spearman**  
**Table 2: Spearman Correlation**

		p-valores								
		Árbol	dap	h	dap/h	hbcv	lcv	dbcv	MOE-F	MOR-F
Coeficiente de correlación	Árbol		0,00	0,06	0,00	0,02	0,00	0,00	0,21	0,05
	Dap	0,80		0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,01	0,00
	H	0,39	0,74		0,03	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
	dap/h	0,84	0,93	0,44		0,07	0,00	0,00	0,06	0,01
	Hbcv	-0,48	-0,11	0,42	-0,37		0,00	0,25	0,11	0,33
	Lcv	0,80	0,76	0,50	0,75	-0,58		0,00	0,24	0,05
	Dbcv	0,81	0,96	0,67	0,91	-0,24	0,83		0,03	0,00
	MOE-F	0,27	0,55	0,63	0,39	0,33	0,25	0,45		0,00
	MOR-F	0,41	0,67	0,68	0,52	0,21	0,41	0,60	0,93	

Donde; dap=diámetro, h=altura, dap/h=relación diámetro altura, hbcv=altura hasta la base de copa viva, lcv= longitud de copa viva, dbcv= diámetro en la base de la copa viva, MOE-F=módulo de elasticidad a la flexión, MOR-F=módulo de rotura a la flexión.

## Conclusiones

Las intensidades de raleo estudiadas produjeron variaciones significativas en las propiedades de la madera de *Pinus taeda*. Con raleos muy fuertes la resistencia de la madera a la flexión disminuyó.

Los valores medios de módulo de elasticidad y de rotura a la flexión fueron similares en los tratamientos sin raleo y con la aplicación de 50% y 75% de raleo respecto de la densidad original de la plantación, y superiores a los valores medios del tratamiento que recibió raleo más intenso.

El tratamiento con 87,5% de raleo afectó negativamente a la resistencia a la flexión, produciendo una disminución de los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática.

La madera externa, independientemente del tratamiento de raleo aplicado, presentó valores de resistencia a la flexión muy superiores a los de la madera interna.

La covariable diámetro a la altura de pecho fue significativa al 95% de probabilidad para las variables respuestas, esto es importante considerar en el análisis, dado que para el rango de diámetros estudiados, las propiedades de resistencia a la flexión mejoraron con el aumento en el tamaño del árbol.

## Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Componente Plantaciones Forestales Sustentables-BIRF 7520-AR por el financiamiento brindado a través del PIA 10003. A la Empresa APSA S.A. que facilitó el sitio donde se instaló oportunamente el ensayo de raleo, de donde se obtuvieron las muestras para este estudio. A la Empresa PINDO S.A. que realizó el aserrado y secado de la madera sin costo alguno, y además facilitó sus instalaciones para realizar la clasificación de la madera.

## Bibliografía

- Ballarin, A.W. y Palma, H.A.L. 2003. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, 27 (3): 371-380.
- Bolsón de Muñiz, G. 1993. Caracterización e desenvolvimento de modelos para estimar as propiedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliotti* Engelm. e *Pinus taeda* L. Tese doutoral em *Ciências Florestais*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil. 252 pp.
- DIN 52186 (Deutsch Industrie Norm). 1978. Prüfung von Holz; Biegeversuch. DIN-Taschenbuch 31, Beuth, Germany.
- González, R., Pereyra, O., SuirezsZhang, T. 1993. Propiedades Físicas y Mecánicas del *Pinus taeda* reforestado en la provincia de Misiones. Argentina *Yvyrareta*, Eldorado, 4:4-8.
- Guller, B. 2007. The effects of thinning treatments on density, MOE, MOR and maximum crushing strength of *Pinus brutia* Ten. Wood. *Annals of Forest Science*, 64(4):467-475.
- INTA. 1990. Atlas de Suelo de la República Argentina. Provincia de Misiones, tomo II, 111-154.
- IRAM 9542. 1965. Método de Ensayo de Flexión Estática de Maderas con Peso Específico Aparente Mayor de 0,5 g/cm<sup>3</sup>. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6p.
- IRAM 9545. 1985. Método de Ensayo de Flexión Estática. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 6p.
- Köhl, M.; Magnussen, S.; Marchetti, M. 2006. [Sampling Methods; Remote Sensing and GIS. Multiresource Forest Inventory](#). Springer. Berlin, Heidelberg. Serie Tropical Forestry p.17-69.
- Macdonald, E. and Hubert, J. 2002. A review of the effects of silviculture on timber quality of *Sitka spruce*. *Forestry* 75 (2):107-138.
- Sarén, M.; Serimaa, R.; Andersson, S.; Saranpää, P.; Keckes, J.; Fratzi, P. 2004. Effect of growth rate on mean microfibril angle and cross-sectional shape of tracheids of Norway spruce. *Trees* 18:354-362.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2008. Datos Estadísticos. Período 1981-1990. Ciudades de Iguazú y Posadas. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=Misiones&ciudad=Posadas>; <http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=Misiones&ciudad=Iguazú> (Consulta: Febrero de 2014).
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture Handbook, 436, Washington, D.C.
- Song, W.Y.; Cheng, L.J.; Chih, C.M.; Jin, C.H.; Te, Y.H. 2005. Dynamic modulus of elasticity and bending properties of young Taiwan trees grown with different thinning and pruning treatments. *Journal of Wood Science*. 51(1): 1-6.
- Sparnochia, L. 1992. Estudio de las propiedades físico mecánicas de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* y *Pinus patula*. Jornadas sobre Pinos Subtropicales, 1992, Eldorado, Misiones. Argentina. Actas. Tomo II. Eldorado: CIEF, p. 247-252.
- Suirezs, T.M. 2000. Efecto de la impregnación con CCA (cromo-cobre-arsénico) sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* L. Eldorado. Misiones. Tesis de Maestría. UNaM. pp. 76.
- Tomaselli, I. 1980. Comparação da qualidade da madeira de *Araucaria angustifolia*, e *Pinus* spp produzida em reflorestamentos. In: IUFRO Meeting on Forestry problems of the Genus *Araucaria*, 1, 1979, Curitiba. Forestry problems of the genus *Araucaria*. Curitiba: FUFEP, p. 286-291.
- Weber, M.E. 2005. Caracterización física y mecánica de *Pinus taeda* origen marion en plantaciones de diferentes edades y determinación de usos potenciales, Misiones, Argentina. Tesis Maestría. 143p.

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTOS ESTABELECIDOS NO BIOMA PAMPA**

**BIOMASS PRODUCTION IN EUCALYPTUS STANDS ESTABLISHED IN PAMPA**

**Claudiney do Couto Guimarães<sup>1</sup>, Schumacher, M. V.<sup>2</sup>, Santos, J. C.<sup>3</sup>, Silva, J. C. M.<sup>4</sup>, Lopes, V.G.<sup>5</sup>, Souza, H. P.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Doutorando em Silvicultura do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. <claudiney.couto@hotmail.com>

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Professor Associado IV, Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. <mvschumacher@gmail.com>

<sup>3</sup> Acadêmico do Curso de Graduação em Engenharia Florestal. Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil <joelufsm@gmail.com>

<sup>4</sup>Engenheiro Florestal, Doutorando em Silvicultura do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. <julioemed@gmail.com>

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador do Laboratório de Ecologia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, Av. Roraima, 1000, Prédio 44, Sala 5268, Bairro Camobi, CEP 97015-900, Santa Maria (RS). E-mail: <viguilopes@yahoo.com.br>

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Silvicultura do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. huan.souza@storaenso.com

O trabalho teve como objetivo quantificar a biomassa em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus urograndis*, com 56 meses de idade na região sudoeste do Rio Grande do Sul – Brasil, no Bioma Pampa. Foram inventariadas três unidades amostrais de 10 ha, sendo uma unidade para cada espécie, para caracterização dendrométrica do povoamento. Foram derrubadas um total de 27 árvores (9 árvores por espécie), seccionadas e compartimentalizadas em raiz, madeira do tronco, casca do tronco, galhos e folhas. A maior produção de biomassa foi observada no *E. urograndis* - 158,1 Mg ha<sup>-1</sup>, seguido pelo *E. grandis* - 136,7 Mg ha<sup>-1</sup> e pelo *E. dunnii*-121,9 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Silvicultura, solos florestais, produção florestal.

### Summary

The study aimed to quantify the biomass and to determine the basic wood density in *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* and *Eucalyptus urograndis* with 56 months of age in the southwestern region of Rio Grande do Sul - Brazil, in Pampa Biome. Three sample units of 10 ha were surveyed, with one unit for each species, for dendrometric characterization of the settlement. A total of 27 trees (9 trees per species) were felled, sectioned and compartmentalized in root, stemwood, stem bark, branches and leaves. The higher biomass production was observed in *E. urograndis* - 158.1 Mg ha<sup>-1</sup>, followed by *E. grandis* - 136.7 Mg ha<sup>-1</sup> and *E. dunnii* - 121.9 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Silviculture, forest soils, forest production.

## Introdução

A silvicultura com espécies exóticas se encontra presente na maioria dos Biomas Brasileiros. Especialmente para o eucalipto, observa-se que as áreas plantadas em escala para atender a demanda das grandes indústrias de base florestal estão localizadas principalmente no bioma cerrado, nas regiões sudeste e centro-oeste do país (Guimarães, 2014).

No Bioma Pampa do Rio Grande do Sul – Brasil indicarem a presença do eucalipto desde 1835 (Hasse, 2006), as plantações comerciais no sudoeste do estado para fins industriais passaram a receber os maiores investimentos a partir de 2000, com projetos de produção de madeira para o segmento de celulose e papel.

Por ser o eucalipto uma espécie de rápido crescimento, e conseqüentemente com alta produção de biomassa e acúmulo de nutrientes, debates estão sempre sendo provocados para discutir os impactos e a sustentabilidade da cultura. Neste contexto vários pesquisadores tem estudado minuciosamente o comportamento da espécie no ambiente edáfico e suas demais interações (Guimarães, 2014).

A produção de biomassa, segundo Ryan *et al.* (2010), pode variar intensamente conforme a disponibilidade de recursos do sítio florestal (água e nutrientes), que influenciam na fotossíntese, na compartimentalização do carbono, na produção de folhas, respiração, entre outros.

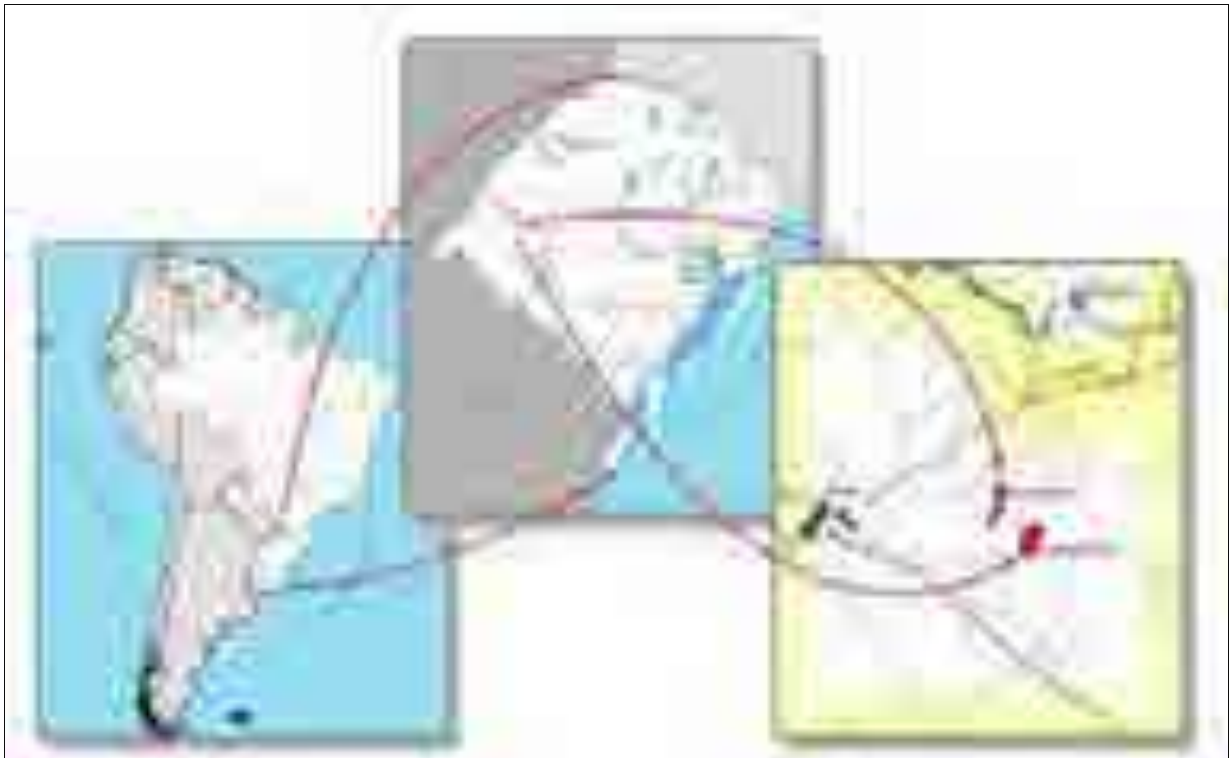
A distribuição da biomassa nos diferentes compartimentos de planta geralmente segue a seguinte ordem: lenho > galhos > casca > folhas (Schumacher; Caldeira, 2001; Caldeira *et al.*, 2007).

Este estudo teve como objetivo estimar a produção de biomassa dos componentes: folhas, galhos, casca do tronco e madeira do tronco em espécies de eucaliptos estabelecidos no Bioma Pampa.

## Material e métodos

### Caracterização do sítio

O presente estudo foi realizado em duas áreas plantadas com três materiais genéticos sendo: uma área com híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (*E. urograndis*), localizado na Fazenda Cabanha da Prata e uma área com mudas seminais de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, localizados na Fazenda Chica Barbosa, ambas localizadas no município de Alegrete - RS (**Figura 1**).



**Figura 1: Localização das áreas de eucalipto no município de Alegrete – RS, Brasil.**

**Figure 1: Location of eucalyptus areas in the municipality of Alegrete– RS, Brazil.**

Fonte: StoraEnso Florestal RS, (2013).

As áreas pertencem à StoraEnso Florestal – RS, com coordenadas geográficas centrais de 55°32' 53" de longitude oeste e 29°47'60"de latitude sul (Cabanha da Prata) e 55° 34' 38" de longitude oeste e 29° 46' 43" de latitude sul (Chica Barbosa).

### **Clima**

O clima da região de acordo com a classificação apresentada por Maluf (2000) é considerado subtemperado úmido, com geadas de maio a agosto, e calor intenso, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, sendo a temperatura média do mês mais quente maior que 22 °C e temperatura média anual menor que 18 °C em que os verões podem apresentar período de seca. A precipitação é normalmente bem distribuída durante todo ano, com índices pluviométricos variando de 1.250 a 1.500 mm, sem estação seca definida, com ventos dominantes de Sudoeste no inverno e Nordeste, na primavera.

### **Solo**

O solo da área do estudo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo Pessotti (2006), esta classe envolve solos profundos, bem drenados, de textura franco arenosa em superfície, seguidos de textura franco argilo arenosa nos horizontes mais profundos. De acordo com o mesmo autor, quimicamente são solos com valores médios a altos de bases trocáveis segundo as exigências nutricionais do eucalipto, sujeitos a lixiviação de nutrientes móveis como N e K, e, apresenta moderada retrogradação de fósforo solúvel. De acordo com Streck et al., (2008) o solo apresenta baixa fertilidade natural.

### Aspectos Silviculturais

Para a implantação dos povoamentos, foi realizada a subsolagem 30 dias antes do plantio, utilizando subsolador com três hastes, incorporando 300 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo (GAFSA, 12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico) no centro e a 40 cm de profundidade, seguido de gradagem leve.

Os plantios foram realizados manualmente, em setembro de 2007, com densidade inicial de 1142 plantas ha<sup>-1</sup> (3,5 x 2,5 m), para *E. urograndis*, na fazenda Cabanha da Prata e com densidade inicial de 1428 plantas ha<sup>-1</sup> (3,5 x 2,0 m), para *E. dunni* e *E. grandis* na fazenda Chica Barbosa. Não houve irrigação. O replantio foi realizado 15 dias após o plantio.

Foram realizadas três fertilizações pós-plantio, sendo a primeira 15 dias após o plantio, utilizando a fórmula N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 06-30-06 + 0,6% B, 110 g planta<sup>-1</sup> dividida em duas sub-doses de 55 g incorporadas a 15 cm de cada lado da muda. A segunda adubação foi realizada aos 90 dias pós-plantio, utilizando a fórmula 20-05-20 + 0,2% B + 0,4% Zn, 122 g planta<sup>-1</sup> aplicada manualmente na projeção da copa. A terceira, aos 270 dias, utilizando a fórmula 22-00-18 + 1% S + 0,3% B, 122 g planta<sup>-1</sup> aplicada mecanicamente na entrelinha. Em nenhum momento foi realizada a calagem.

### Determinação da Biomassa

Inicialmente realizou-se inventário das unidades amostrais, em uma área de 10 hectares para cada material genético avaliado, com o objetivo de caracterizar o povoamento quanto às variáveis dendrométricas: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, área basal (G) e incremento médio anual (IMA). Foram demarcadas três parcelas de 35 m x 10 m, distribuídas aleatoriamente entre as três áreas demarcadas, totalizando nove parcelas.

Para a determinação da biomassa acima do solo, foram selecionadas três árvores por parcela do inventário, totalizando nove árvores por espécie e 27 no total, sendo escolhidas pelo DAP médio - desvio padrão, DAP médio e DAP médio + desvio padrão. As árvores selecionadas foram seccionadas ao nível do solo e fracionadas nos seguintes componentes: folha, galho (verde e seco), casca do tronco, madeira do tronco e raiz.

A biomassa úmida total foi determinada através da pesagem de todas as árvores seccionadas e seus respectivos componentes, com balança de gancho e precisão de 50g. Cada árvore amostrada foi cubada de acordo com a metodologia descrita por Smalian (FINGER, 1992), com avaliação do diâmetro com e sem casca, nas seguintes posições: 0,1; 0,3; 1,3; 2,3; 3,3; e assim, sucessivamente, a intervalos de 1 metro, até o ápice da árvore.

Para se determinar a biomassa seca total dos componentes, madeira, casca, folha e galho (galhos finos e grossos, vivos e mortos localizados em toda a copa), coletaram-se amostras (150 g cada) dos diferentes componentes, sendo uma amostra por cada árvore seccionada nas parcelas amostrais.

Para a biomassa das raízes foram selecionadas três árvores dentre as nove utilizadas para a biomassa acima do solo em cada unidade amostral, sendo elas escolhidas pelo DAP médio - desvio padrão, DAP médio e DAP médio + desvio padrão. O sistema radicular (toco e raízes grossas) foi extraído por retroescavadeira e escavação manual (pás e enxadas), na área útil (conforme espaçamento dos plantios) das árvores selecionadas, até a profundidade de 1m. O solo foi espalhado sobre lona plástica, da qual foram retiradas manualmente as raízes grossas (maior que 3 mm) e o toco, os quais foram pesados na sua totalidade e extraída uma amostra de 150 g.

Todas as amostras foram pesadas no campo com balança de precisão, devidamente embaladas, identificadas e posteriormente levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais/UFMS, onde foram postas para secar a uma temperatura de 70° C em estufas de renovação e circulação de ar segundo a metodologia sugerida por Tedesco *et al.* (1995) e Miyazawa *et al.* (1999).

## Resultados e Discussão

### Características dendrométricas e densidade básica da madeira

O maior incremento médio anual (IMA) foi verificado para *E. urograndis*, seguido pelo *E. grandis* e *E. dunnii*, respectivamente (**Tabela 1**). Este comportamento, possivelmente pode estar associado ao melhoramento genético do híbrido urograndis, a uma maior eficiência do uso de nutrientes e a origem seminal das plantas das demais espécies.

**Tabela 1: Características dendrométricas da madeira dos plantios com eucaliptos no Bioma Pampa.**  
**Table 1: Dendrometric characteristics of wood from plantations with eucalyptus in Pampa Biome.**

Variável	<i>E. grandis</i>			<i>E. dunnii</i>			<i>E. urograndis</i>		
	Média	$\sigma$	CV	Média	$\sigma$	CV	Média	$\sigma$	CV
DAP (cm)	15,4	1,7	10,7	13,5	0,7	5,3	17,6	0,8	4,3
Altura total (m)	18,5	2,2	11,7	15,3	1,4	9,1	22,7	1,1	4,9
G (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	21,4	0,1	21,3	17,7	0,1	12,1	23,1	0,1	16,5
N (plantas ha <sup>-1</sup> )	1035	5,6	17,3	1165	2,61	7,1	932	5,07	17,3
IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	39,7	0,4	29,5	23,2	0,2	20,2	47,2	0,3	17,5
Volume total (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	178,7			104,4			212,4		

Onde: DAP= Diâmetro médio à altura do peito; G= Área basal média; IMA= Incremento médio anual;  $\sigma$  = Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação em %.

A maior produção de biomassa foi observada no *E. urograndis*, com 158,1 Mg ha<sup>-1</sup>, seguido pelo *E. grandis*, com 136,7 Mg ha<sup>-1</sup> e pelo *E. dunnii* com 121,9 Mg ha<sup>-1</sup> (**Tabela 2**).

**Tabela 2: Produção total da biomassa por compartimento em plantios de eucaliptos no Bioma Pampa.**

**Table 2: Total production of biomass by compartment for eucalyptus plantations in Pampa Biome.**

Componente	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )		
	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. urograndis</i>
Madeira do tronco	89,4 b	76,7 c	109,9 a
Casca do tronco	9,6 a	9,1 a	10,1 a
Folha	6,4 a	5,3 a	3,4 b
Galho	11,2 a	13,4 a	11,3 a
Raiz	20,1 ab	13,5 b	23,4 a
Total	136,7	121,9	158,1

Letras iguais na horizontal, não diferem estatisticamente entre as espécies e seus respectivos componentes da biomassa, ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

Apesar de *E. urograndis* ter apresentado volume de madeira 49% superior ao *E. dunnii* (**Tabela 1**), observa-se que com relação à biomassa aérea esta diferença decresce para 23%. Entre os diversos fatores que podem explicar esta condição destaca-se o maior número de plantas ha<sup>-1</sup> observados no *E. dunnii*, que é 25% superior ao *E. urograndis*.

Considerando a biomassa da parte aérea valores similares foram apresentados por Santana *et al* (2008), em um estudo em diferentes regiões do Brasil, com *E. urograndis* e *E. grandis* aos 4,5 anos de idade. Schumacher e Caldeira (2001) estudando *E. globulus* aos 4 anos de idade no RS – Brasil, encontraram 83,2 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa acima do solo. Beulch (2013) avaliando *E. saligna*, com 4 anos de idade no RS - Brasil, encontrou 89 Mg ha<sup>-1</sup>. Turner e Lambert (2008), em um estudo com *E. grandise E. pilularis*, com 5 anos de idade na Austrália, encontraram uma produção de biomassa inferior, sendo 52,23 e 35,13 Mg ha<sup>-1</sup>. Benatti (2013) estudando o clone de eucalipto I-144, com 6,5 anos de idade, na região dos Campos das Vertentes em MG - Brasil, encontrou 143,87 Mg ha<sup>-1</sup> e Viera (2012) encontrou 198,5 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa acima do solo, para *E. urophylla* x *E. globulus*, aos 10 anos de idade em Eldorado do Sul, RS - Brasil. Gonzalez *et al.* (2011), analisando o potencial do uso do eucalipto como bioenergia no sul dos Estados Unidos, verificaram uma produção média de biomassa de 112 Mg ha<sup>-1</sup> aos 4 anos de idade.

Fatores genéticos (melhoramento e procedências), edafoclimáticos e de manejo estão relacionados diretamente a capacidade de produção das espécies, porém Barros e Comerford (2002) explicam que a grande variabilidade da produtividade das plantações com o eucalipto nas diferentes regiões está associada, principalmente, aos diversos tipos de solos que apresentam teores disponíveis e totais de nutrientes numa faixa bastante ampla.

A distribuição da biomassa por componente apresentou a seguinte magnitude: madeira > raiz > galho > casca > folha. Este comportamento também foi encontrado por Bizon (2005), Witschoreck (2008) e Lopes (2013), em estudos com *Pinus taeda* no Brasil. Para a biomassa aérea, Curlin (1970) e Schumacher e Caldeira (2001), descrevem a distribuição em: lenho > galhos > casca > folhas.

## **Conclusões**

As espécies avaliadas apresentaram a mesma magnitude de alocação de biomassa nos diferentes componentes (madeira do tronco > raiz > galho > casca > folha).

*E. urograndis* apresentou a maior biomassa acumulada e maior produção de madeira, seguida pelo *E. grandis* e *E. dunnii*.

## **Agradecimento**

Agradecemos a Empresa StoraEnso Florestal RS, pelo apoio logístico e financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.



## Bibliografia

- BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ, V.V.H.; et al. eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Folha de Viçosa, 2002. v.2. p.487-592.
- BIZON, J.M.C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada-saída de nutrientes**. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- BENATTI, B.P. **Compartimentalização de biomassa e nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto cultivadas em solos distintos**. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- BEULCH, L.S. **Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith submetido ao primeiro desbaste**. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Determinação e identificação dos teores de macronutrientes nas espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista Montana/ General Carneiro, Paraná. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 211-239, 2007.
- CURLIN, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C.T.; DAVEY, C. B. Ed. **Tree growth and forest soils**. Oregon: Oregon State University Press, p. 313-26, 1970.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FINGER, C.A.G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: FSM/FATEC/CEPEF, 1992. 269p.
- GONZALEZ, R. et al. Exploring the potential of Eucalyptus for energy production in the Southern United States: Financial analysis of delivered biomass. Part I. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 35, p. 755–766, 2011.
- GUIMARÃES, C. C. **Biomassa e Nutrientes em plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa**. 2014. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- HASSE, G. **Eucalipto: histórias de um imigrante vegetal**. Porto Alegre: Ja Editores, 2006. 127p.
- LOPES, V. G.; **Dinâmica nutricional em uma plantação de *Pinus taeda* L. no nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2013. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150, 2000.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. cap. 4, p.171-224.
- PESSOTTI, J.E.S. **Classificação de Solos das Fazendas da empresa StoraEnso Florestal RS**. Relatório técnico (Dados não publicados). 2006.
- RYAN, M. G. et al. Factors controlling Eucalyptus productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1695–1703, 2010.
- SANTANA, R. C. et al. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 697-706, jul./ago. 2008.
- SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, jan.-jun. 2001.
- SMITH, D.M. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples**. Madison, 1954. 8 p. (USDA, FPL, 2014).
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, EMATER/RS, 2008. 107p.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos: UFRGS, 1995. 174 p.
- TURNER, J. ; LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 1701–1712, 2008.
- VIERA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS, Brasil**. 2012. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- WITSCHORECK, R. **Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 17 anos de idade no município de cambará do sul-RS**. 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

**EFEITO DAS COPAS DAS ÁRVORES NO APORTE DE POTÁSSIO EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus dunnii* MAIDEN EM ALEGRETE, RS.**

**EFFECT OF THE TREE CANOPY IN POTASSIUM INPUT IN *Eucalyptus dunnii* MAIDEN STAND IN ALEGRETE, RS.**

**Somavilla, Tamires Manfio<sup>1</sup>; Schumacher, M. V.<sup>2</sup>; Bastos, F.<sup>3</sup>; Silva, J. C. M.<sup>4</sup>; Witschoreck, R.<sup>5</sup>; Consensa, C. B.<sup>6</sup>; Lopes, V. G.<sup>7</sup>**

<sup>1,3</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Av. Roraima, nº 1000, Bairro Camobi – CEP 97105-900 – Santa Maria, RS – E-mail: [tamiresmanfio@yahoo.com.br](mailto:tamiresmanfio@yahoo.com.br); [francieledebastos@gmail.com](mailto:francieledebastos@gmail.com);

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal. Prof. Dr. rer. nat. techn em Ecologia e Nutrição Florestal – Departamento de Ciências Florestais - UFSM – Av. Roraima, nº 1000, Camobi – CEP 97105-900 – Santa Maria, RS – E-mail: [mvschumacher@gmail.com](mailto:mvschumacher@gmail.com);

<sup>4,5,6</sup> Engenheiro (a) Florestal, Doutorando (a) em Engenharia Florestal – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - UFSM – Av. Roraima, nº 1000, Bairro Camobi – CEP 97105-900 – Santa Maria, RS – E-mail: [rwitschoreck@yahoo.com.br](mailto:rwitschoreck@yahoo.com.br); [catarineconsensa@gmail.com](mailto:catarineconsensa@gmail.com); [julioocmed@gmail.com](mailto:julioocmed@gmail.com);

<sup>7</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador do Laboratório de Ecologia Florestal, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, Bairro Camobi, CEP 97015-900, Santa Maria, RS. E-mail: [viguilopes@yahoo.com.br](mailto:viguilopes@yahoo.com.br).

**Resumo**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da copa das árvores na entrada de potássio em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*. A concentração de potássio verificada na precipitação interna foi 2,08 mg L<sup>-1</sup>, o que corresponde a um aumento de 495% em relação a precipitação pluviométrica. O aporte anual de potássio na precipitação interna foi de 7.61 kg ha<sup>-1</sup>. Verifica-se que há uma interação do dossel do povoamento com a atmosfera, incrementando a concentração e o aporte total do elemento, o que é de suma importância a curto prazo para plantações florestais na região.

**Palavras-chave:** Ciclagem de nutrientes, Precipitação, Nutrição florestal.

**Summary**

The present study had to objective to evaluate the effect of the tree canopy in potassium input in *Eucalyptus dunnii* stand. The concentration of potassium in the throughfall was 2.08 mg L<sup>-1</sup>, which corresponds to an increase of 495% compared to rainfall. The annual potassium input in throughfall was 7,61 kg ha<sup>-1</sup>. It appears that there is an interaction of the canopy of the stand with the atmosphere, increasing the concentration and the total input of the element, which is extremely important in the short term for forests plantations in the region.

**Key-words:** Nutrients cycling, Rainfall, Forest nutrition.

## **Introdução**

As chuvas constituem-se em uma das principais fontes de adição de nutrientes em ambientes terrestres (LIMA, 1986). O dossel das árvores está em constante interação com a atmosfera, retendo na superfície das folhas, ramos e tronco as partículas secas, oriundas de diversos fatores, tanto antrópicos quanto naturais, como aerossóis advindo da ação marítima, emissões vulcânicas, partículas oriundas de atividades industriais, atividades agrícolas de queima, poeira, fertilização, por exemplo, que podem alterar consideravelmente a composição química da água de precipitação através da lixiviação desses metabólitos presentes no dossel (PANETTIERE *et al.*, 2000; OKI, 2002; SOUZA *et al.*, 2007).

O processo de deposição atmosférica de nutrientes para áreas de cultivos de ciclo curto pode não ter uma importância significativa na ciclagem de nutrientes. Todavia, em plantios onde os ciclos de colheita são mais longo, a entrada anual de nutrientes via deposição atmosférica pode auxiliar enormemente na manutenção dos nutrientes do sítio florestal (POGGIANI, 1986).

Obter conhecimento referente aos processos que norteiam os ciclos biogeoquímicos em plantação florestais comerciais é essencial para definições de tratamentos silviculturais e práticas de manejo de fertilização adequadas para as exigências de cada espécie e região (SCHUMACHER, 1992; LACLAU *et al.*, 2010).

A ciclagem dos nutrientes é dependente do ciclo da água, que controla sua disponibilidade e movimento (BRITZ, 1994). De todos os nutrientes, o potássio constitui, pela grande mobilidade, um dos elementos de maior expressão na água de chuva, especialmente a que atravessa o dossel e goteja na superfície do solo (MEGURO *et al.* 1979).

O presente trabalho teve como objetivo, estudar as alterações dos teores e o aporte de potássio na água da chuva após a interação com a copa das árvores de *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.

## **Material e métodos**

### **Área do estudo**

O presente estudo foi realizado na região do Bioma Pampa, em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden, área pertencente a Empresa Stora Enso S/A, no Município de Alegrete, Rio Grande do Sul.

Conforme Maluf (2000) o clima da região de estudo é Subtemperado úmido, em que os verões podem apresentar período de seca, com temperatura média anual de 18,6°C e precipitação média anual de 1.574 mm. O solo da área é caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, altamente intemperizado e com baixa saturação de bases (STRECK *et al.*, 2008). O povoamento, localizado nas coordenadas geográficas 29° 47'S e 55° 17'W apresenta espaçamento entre plantas de 2,0 m x 3,5 m, e se encontrava com 35,5 meses no início do período de avaliação.

### **Amostragem e análises**

#### ***Precipitação e Precipitação interna***

Os procedimentos de quantificação e amostragem das soluções foram realizados durante o período de janeiro a dezembro de 2012.

A precipitação pluviométrica (P) foi coletada em área adjacente ao povoamento de eucalipto. Para tal, foram utilizados três coletores de PVC (área de 314,16 cm<sup>2</sup> cada) situados a uma altura de 1,5 m do nível do solo. Para a análise química foram utilizados três coletores de polietileno (área de 176,7 cm<sup>2</sup> cada), também a uma altura de 1,5 m.

Para a quantificação da precipitação interna (Pi), foram utilizados três coletores de PVC (área de 314,16 cm<sup>2</sup> cada) a 1,0 m de altura do nível do solo em cada parcela, distribuídos em quatro parcelas. Para a análise química foram doze coletores de polietileno (área de 176,7 cm<sup>2</sup> cada), também a uma altura de 1,0 m.

As amostras, após serem coletadas, foram armazenadas em recipientes plásticos e encaminhadas para o laboratório para análise

### Análises químicas

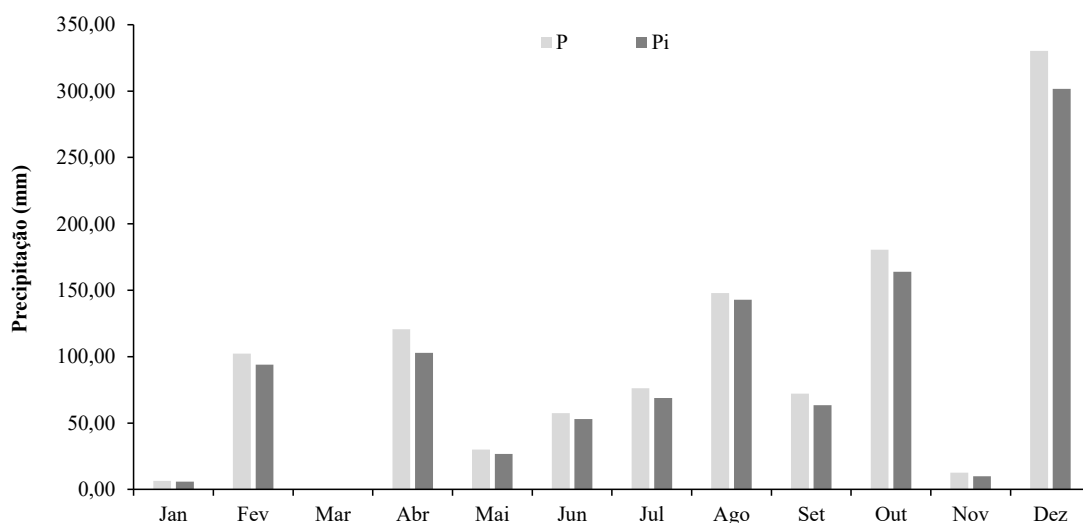
A determinação do potássio (K<sup>+</sup>) presente na água da precipitação pluviométrica e interna foi feita através de cromatografia iônica (Metrohm 861 Advanced Compac IC) segundo APHA (1998).

### Análises estatísticas

Para obterem-se valores individuais de precipitação interna e precipitação pluviométrica em cada coletor foi adotada a seguinte expressão:  $P = V/a$ , onde  $P$  é a precipitação (mm),  $V$  é o volume coletado (L) e  $a$  é a área do coletor (m<sup>2</sup>) (PREUHSLER et al., 2006). Para se obterem os valores mensais de aporte, fez-se a multiplicação da quantidade de água precipitada pela concentração obtida nas análises.

### Resultados e discussão

A precipitação pluviométrica mensurada no período de janeiro a dezembro de 2012 foi de 1.136 mm (**figura 1**).

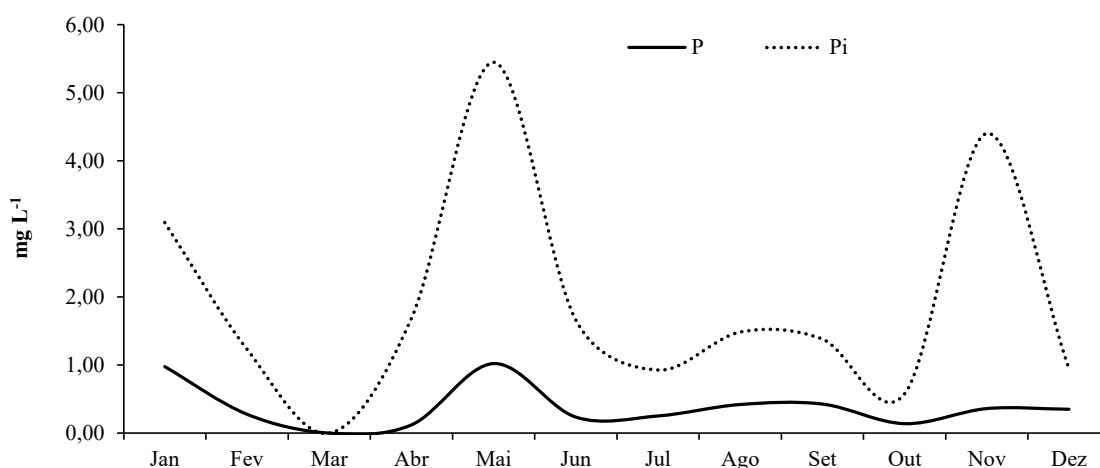


*Figura 1: Distribuição da Precipitação pluviométrica (P) e Precipitação interna (Pi) em um plantio de Eucalyptus dunnii Maiden em Alegrete, RS.*

**Figure 1: Distribution of rainfall and throughfall in plantation *Eucalyptus dunnii* Maiden in Alegrete, RS.**

O menor valor de precipitação foi observada no mês de março, onde não foi registrado chuva no local, seguido pelo mês de janeiro com 6,37 mm. Já a maior precipitação foi observada no mês de dezembro, com 330,3 mm. A precipitação interna anual verificada no local foi de 1.033 mm. Corrêa (2011) observou uma precipitação pluviométrica no mesmo local de 1.586 mm.

Na **figura 2**, são apresentadas as variações mensais na concentração de potássio na precipitação pluviométrica e interna. Pode-se observar que as maiores concentrações de  $K^+$  na precipitação interna foram verificadas nos meses de maio, novembro e janeiro, com valores de 5,45; 4,40 e 3,09  $mg L^{-1}$ , respectivamente. Esse fato pode estar correlacionado com as baixas precipitações ocorridas no período, o que leva a baixa diluição do elemento na solução de precipitação interna.



**Figura 2:** Variação na concentração mensal ( $mg L^{-1}$ ) de potássio ( $K^+$ ) na precipitação pluviométrica (P) e na precipitação interna (Pi) em uma plantação de *Eucalyptus dunnii* Maiden em Alegrete, RS.

**Figure 2:** Monthly variation the potassium concentration in rainfall and in throughfall in the plantation *Eucalyptus dunnii* in Alegrete, RS.

A concentração média anual de potássio ( $K^+$ ) presente na solução da precipitação interna é de 2,08  $mg L^{-1}$ , o que equivale, aproximadamente, 495 % a mais que na solução da precipitação pluviométrica, que corresponde uma concentração média de 0,42  $mg L^{-1}$ .

Laclau *et al.* (2003) verificou um aumento de 280% na concentração de potássio na precipitação interna em relação a precipitação pluviométrica em povoamento de *Eucalyptus* sp.

Meguro *et al.* (1979) comentam que, de modo geral, a concentração dos minerais na água de chuva varia inversamente ao volume precipitado, denotando assim, maiores concentrações do elemento nos meses de menor precipitação, devido, principalmente, à lavagem inicial do material suspenso na atmosfera. O mesmo fato foi observado por Calil *et al.* (2010) em avaliação ao aporte de íons na precipitação pluviométrica em Candiota, RS.

Meguro *et al.* (1979) ainda destacam que não deve ser menosprezado o fato de que o maior volume de precipitação pode favorecer a lixiviação da cobertura vegetal, mascarada em grande parte por efeito de diluição.

Na avaliação do aporte mensal de  $K^+$  na solução de precipitação interna (**figura 3**), os maiores valores foram observados nos meses de agosto, dezembro e abril. Considerando uma deposição anual do elemento na solução foi de 7.61  $kg ha^{-1}$  a quantidade aportada apenas no mês de agosto equivale a 19% do total. Já o mês de dezembro contribuiu com 17%, seguido por abril com 13%.

Prakasa Rao *et al.* (1995) obtiveram os maiores enriquecimentos de potássio na solução da precipitação após interagir com o dossel florestal, e salienta que o fenômeno pode ser causado devido a liberação dos tecidos foliares e lixiviação pelo dossel da vegetação.

Laclau *et al.* (2010) obtiveram informações semelhantes, onde o quantidade de potássio aportada na precipitação interna foi de  $4,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em um plantio de *Eucalyptus* aos 4 anos após o plantio. Considerando uma deposição total de  $5,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de potássio, aproximadamente 82% foram resultantes da precipitação interna.

Laclau *et al.* (2003) ressaltam trabalhos como os de Cortez (1996) e Marques e Ranger (1997) que evidenciam que o potássio é usualmente o elementos mais lixiviado pelo dossel florestal nos ecossistemas ao redor do mundo.

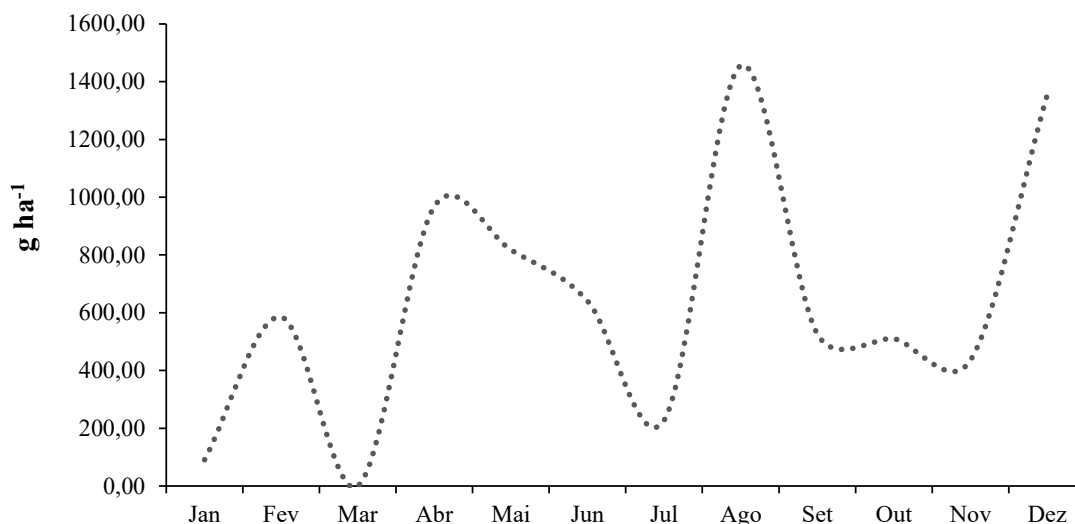


Figura 3: Aporte mensal ( $\text{g ha}^{-1}$ ) de potássio na precipitação interna em povoamento de *Eucalyptus dunnii* no município de Alegrete, RS.

**Figure 3: Monthly amount ( $\text{g ha}^{-1}$ ) of potassium in throughfall in *Eucalyptus dunnii* stand, Alegrete, RS.**

Coutinho (1979), estudando a influência das queimadas no aporte dos nutrientes à atmosfera e sua recondução através da precipitação no Cerrado (Pirassununga – SP), encontrou quantidades comparáveis de K ( $2,57 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ).

A partir das informações apresentadas, observa-se que a interação existente entre o dossel florestal e os gases e particulados existentes em suspensão na atmosfera são de extrema importância para o processo manutenção do estoque de nutrientes no solo e, a curto prazo, torna-se essencial e, podendo ser preponderante na entrada do elemento no solo, garantindo a sustentabilidade e mantendo a produtividade dos solos florestais.

## Conclusão

Houve uma interação entre as copas e a quantidade de potássio aportada, onde foi verificado um aumento na concentração do elemento de 495% em relação a precipitação pluviométrica. O aporte anual do elemento na solução de precipitação interna foi de  $7,61 \text{ kg ha}^{-1}$  ao passo que a quantidade aportada pela precipitação pluviométrica foi de  $3,33 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## Agradecimentos

À Empresa Stora Enso S/A pela disponibilização das áreas para estudo e pelo apoio logístico e financeiro e, aos colegas, acadêmicos do curso de Engenharia Florestal, funcionários do laboratório de Ecologia Florestal da UFSM pela inestimável ajuda na coleta e análises das amostras.

## Referências bibliográficas

- APHA – 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19<sup>th</sup> ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C.
- BRITEZ, R. M. 1994. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. 240 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CALIL, F. N.; SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; LOPES, V. G.; VIERA, M.; LIBERALESSO, E. 2010. Ion input via rainwater in southwestern region of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 373-380.
- CORRÊA, R. S. 2011. **Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* estabelecido no bioma pampa**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CORTEZ, N.R.S., 1996. **Compartimentos e ciclos de nutrientes em plantações de *Eucalyptus globulus* Labill. Ssp. *globulus* e *Pinus pinaster* Aiton**. Ph.D. Thesis. Instituto Superior de Agronomia, Lisbon, 317p.
- COUTINHO, L. M. 1979. Aspectos ecológicos do fogo no Cerrado II. A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. **Revista Brasil. Bot.**, v. 2, p 97-101.
- LACLAU, J. P.; RANGER, J.; NZILA, J. D.; BOUILLET, J. P.; DELEPORTE, P. 2003. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo: Chemical composition of rainfall, throughfall and stemflow solutions. **Forest Ecology and Management**, v. 176, 105-119.
- LACLAU, J. P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J. L. M.; MAQUERE, V.; KRUSCHE, A. V.; M'BOU, A. T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRÉ, L.; BOUILLET, J. P.; PICCOLO, M. C.; DELEPORTE, P. 2010. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 259, p. 1771–1785.
- LIMA, W. P. 1986. Entrada de nutrientes pela chuva e pela lixiviação das copas em florestas homogêneas de Pinheiros Tropicais e em vegetação natural de Cerradão. **Acta Limnológica Brasiliensia**. v. 1, 503-525.
- MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150.
- MARQUES, R.; RANGER, J. 1997. Nutrient dynamics in a chronosequence of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stands on the Beaujolais Mounts (France). I. Qualitative approach. **Forest Ecology and Management**. 91, 255–277.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. 1979. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. II – O papel da precipitação na importação de potássio e fósforo. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 61-67.
- OKI, V. K. 2002. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 85f.
- PANETTIERE, P.; CORTECCI, G.; DINELLI, E.; BENCINI, A.; GUIDI, M. 2000. Chemistry and sulfur isotopic composition of precipitation at Bologna, Italy. **Applied Geochemistry**, v. 15, p. 1455-1467.
- PRAKASA RAO, P. S.; MONIN, G. A.; SAFAI, P. D.; PILLAI, A. G.; KHEMANI, L. T. 1995. Rain water and throughfall chemistry in the Silent Valley forest in South India. **Atmospheric Environment**, Great Britain, v. 29, p. 2025-2029.
- PREUHSLER, T.; BASTRUP-BIRK, A.; BEUKER, E. 2006. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests – **Part VII: Meteorological Measurements**. 32p.
- POGGIANI, F. 1986. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*. **Acta Limnológica Brasiliensia**. v. 1, 527-553.
- SCHUMACHER, M. V. 1992. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Meuell**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 87p.
- SOUZA, V. V.; DIAS, H. C. T.; COSTA, A. A.; OLIVEIRA, J. C. 2007. Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da Mata Atlântica, no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 737- 743.
- STRECK, E. V.; KAMPH, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASON, E.; PINTO, L. F. S. 2008. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS, 222 p.

**PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEVOLUÇÃO DE N, P E K EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus dunnii* MAIDEN**

**LITTERFALL AND RETURN OF N, P, K IN A STAND OF *Eucalyptus dunnii* MAIDEN**

**Franciele de Bastos<sup>1</sup>; Schumacher, M. V.<sup>2</sup>; Somavilla, T. M.<sup>3</sup>; Silva, J. C. M.<sup>4</sup>; Witschoreck, R.<sup>5</sup>; Lopes, V.G.<sup>6</sup>.**

<sup>(1)</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria / CCR – Laboratório de Ecologia Florestal – Av. Roraima, 1000 – Prédio 44 – Sala 5268 – CEP 97105-900 – Santa Maria – RS. E-mail: francieledebastos@gmail.com;

<sup>(2)</sup> Engenheiro Florestal, Professor Dr. rer. nat. techn., Departamento de Ciências Florestais. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria / CCR – Laboratório de Ecologia Florestal – Av. Roraima, 1000 – Prédio 44 – Sala 5268 – CEP 97105-900 – Santa Maria – RS. E-mail: mvstumacher@gmail.com;

<sup>(3)</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria / CCR – Laboratório de Ecologia Florestal – Av. Roraima, 1000 – Prédio 44 – Sala 5268 – CEP 97105-900 – Santa Maria – RS.

<sup>(4)</sup> Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal UFSM - Universidade Federal de Santa Maria / CCR – Laboratório de Ecologia Florestal – Av. Roraima, 1000 – Prédio 44 – Sala 5268 – CEP 97105-900 – Santa Maria – RS.

<sup>(5)</sup> Engenheiro Florestal, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal UFSM. – Universidade Federal de Santa Maria / CCR – Laboratório de Ecologia Florestal – Av. Roraima, 1000 – Prédio 44 – Sala 5268 – CEP 97105-900 – Santa Maria – RS.

<sup>(6)</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador do Laboratório de Ecologia Florestal - Universidade Federal de Santa Maria / CCR – Laboratório de Ecologia Florestal – Av. Roraima, 1000 – Prédio 44 – Sala 5268 – CEP 97105-900 – Santa Maria – RS.

**Resumo**

Objetivou-se avaliar a produção de serapilheira, e a devolução de N, P e K em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, com 48 meses de idade, em Alegrete, RS. Para realização do estudo, foram alocadas sistematicamente quatro parcelas de 20 m x 21 m, cada uma com quatro coletores de 0,5 m<sup>2</sup> e quatro subparcelas para coleta de galhos grossos (diâmetro > 0,5 cm) de área útil igual a 7 m<sup>2</sup>. A serapilheira depositada nos coletores foi recolhida quinzenalmente de janeiro a dezembro de 2012. As amostras foram separadas nas frações folha, miscelânea, galho fino e galho grosso. Após a secagem, pesagem e moagem o material foi enviado para o laboratório para realização das análises dos teores de N, P e K. A produção total de serapilheira foi de 6,28 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. As quantidades de N, P e K devolvidos para o solo foram de 36,16; 2,33 e 30,44 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

**Palavras chave:** ciclagem de nutrientes; decomposição; nutrição florestal.

**Summary**

It was aimed to evaluate the litterfall, and the N, P and K return, in an *Eucalyptus dunnii* stand, in Alegrete, RS. To conduct the study, were systematically allocated four plots with 20 m x 21 m each, with four 0,5 m<sup>2</sup> litter collectors and four subplot for collection of thick branches (diameter > 0,5 cm) with 7 m<sup>2</sup>. The litter intercepted in the collectors was collected fortnightly between January and December/2012. The samples was divided in leaf, twig, miscellanea and thick branch. After drying, weight and grinding the material was sent to the laboratory for analysis of the levels of N, P and K concentration. The total



litter production was 6284.05 kg ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. The amounts of N, P and K returned to the soil was 36.16, 2.33 and 30.44 kg ha<sup>-1</sup> respectively.

**Key words:** Nutrient cycling; decomposition; forest nutrition.

## Introdução

Conforme a expansão populacional existe diretamente a necessidade de aumento de matéria prima para produtos que fazem parte do dia a dia da população, como celulose e papel, chapas e painéis, postes e dormentes, além de diversos outros produtos obtidos diretamente do setor florestal. A fim de diminuir a pressão sobre as florestas naturais, ocorre a expansão do setor de florestas plantadas, que em 2012 totalizou uma área de 6.664.812 ha no Brasil, sendo 76,6% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* (ABRAF, 2013).

Devido ao elevado crescimento das plantações, as necessidades nutricionais dos povoamentos de eucalipto são elevadas e já no primeiro ano podem corresponder a até 65% do requerimento máximo anual de nutrientes (Corrêa *et al.*, 2013). Para que o povoamento consiga atender positivamente aos objetivos propostos para seu cultivo, é imprescindível que os ciclos nutricionais estejam equilibrados, mantendo a dinâmica dos ecossistemas.

O processo de transferência dos nutrientes dentro do sistema solo – planta – serapilheira envolve diversos ciclos, dentre eles pode-se destacar o ciclo biogeoquímico que tem como início a absorção dos nutrientes pelas raízes e sua incorporação na biomassa arbórea. O retorno desses nutrientes é dado pela produção de serapilheira constituída pela queda de folhas, frutos, flores, cascas e ramos mortos (Poggiani, 2012). Desse modo, necessita-se da compreensão desse processo, analisando as interações solo-planta e a distribuição nos componentes da parte aérea e do sistema radicular ao longo do tempo. Essas ações são fundamentais para a definição de tecnologias de manejo florestal, particularmente na definição de dose, método e época de aplicação de fertilizantes (Gonçalves *et al.*, 2000), desse modo, a decomposição da serapilheira é o meio mais importante de transferência de nutrientes da vegetação para o solo (Golley, 1975; Vital *et al.*, 2004).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o aporte de nitrogênio, fósforo e potássio via deposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*.

## Material e Métodos

### Área do estudo

A área está localizada na Fazenda Sesmaria Santo Inácio pertencente à Empresa Stora Enso, no município de Alegrete - RS, nas coordenadas geográficas 29° 47' 10" S e 55° 17' 30" W. O estudo foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus dunnii*, que encontrava-se com 48 meses de idade e apresentava espaçamento de 3,5 m x 2,0 m.

Segundo a classificação de Maluf (2000), o clima é subtemperado úmido em que os verões podem apresentar período de seca, com temperatura média anual de 18,6 °C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.574 mm.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Embrapa (2006), a área de estudo se localiza em solo do tipo Argissolo Vermelho Distrófico típico.

### Amostragem e análise

Para a quantificação da serapilheira foram demarcadas quatro parcelas de 20 m x 21 m de maneira sistemática. Foram distribuídos quatro coletores de serapilheira por parcela e alocados em quatro diferentes situações: um na linha entre duas árvores, outro na entrelinha entre duas árvores, outro na diagonal entre 4 árvores e o último encostado ao tronco

de uma das árvores, os quais foram formados por uma moldura de madeira com 0,50 m<sup>2</sup> de área, suspensa por estacas de madeira e com fundo confeccionado de sombrite de malha 2 mm. Para os ramos com diâmetro superior a 0,5 cm, em cada parcela foram demarcadas quatro sub-parcelas com a área útil de uma árvore (7 m<sup>2</sup>), sendo as mesmas centralmente delimitadas por uma árvore de diâmetro médio do povoamento.

### **Análises químicas**

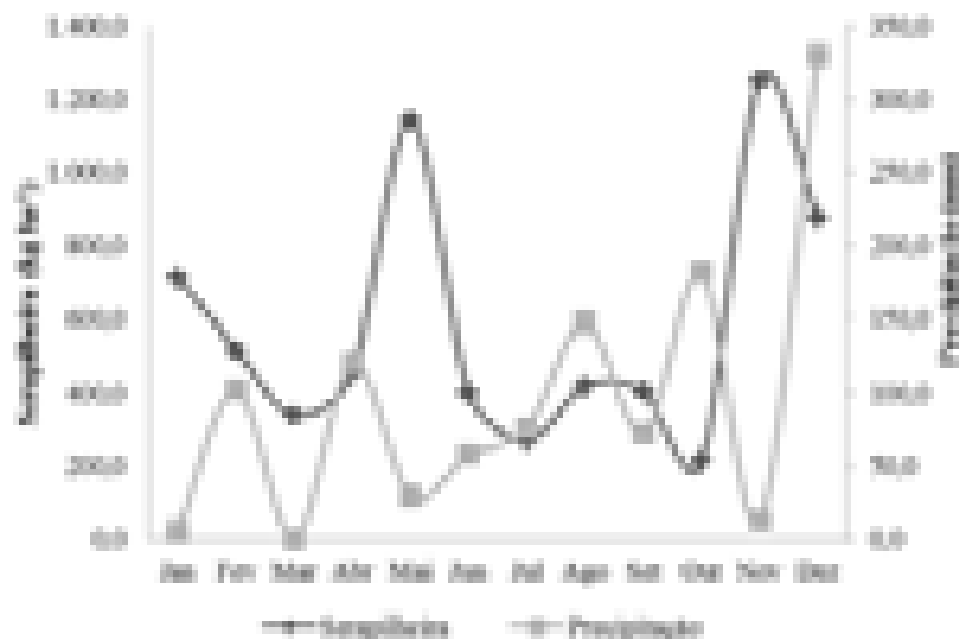
As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia Florestal na Universidade Federal de Santa Maria, onde o material coletado quinzenalmente foi reunido em amostras mensais. A serapilheira foi separada nas frações folhas, galhos finos (diâmetro < 0,5 cm), miscelânea (material reprodutivo e casca) e galhos grossos (diâmetro > 0,5 cm). Após o material foi seco em estufa de circulação e renovação de ar por 72 horas e pesado em balança de precisão ( $\pm 0,01$  g), o mesmo foi moído em moinho tipo Wiley para posterior análise química do N, P, K, segundo metodologia de Tedesco *et al.* (1995) e Miyazawa *et al.* (1999).

### **Resultados e Discussões**

Em relação à produção de serapilheira, o total obtido para o ano de 2012 foi de 6.284,05 kg ha<sup>-1</sup>. Conforme a variação da deposição de serapilheira mensal, os meses que mais influenciaram na deposição foram maio e novembro (**figura 1**). Os valores encontrados coincidem com os resultados obtidos por Viera *et al.* (2010), segundo ele os picos de deposição podem estar relacionados dentre outros, com fatores climáticos extremos, ocasionando acelerado processo de perda de folhagem senescente pelas plantas.

Dentre os fatores que podem estar relacionados com os picos de deposição pode-se considerar a precipitação observada no período, (**figura 1**). A deficiência hídrica para as plantas na época em questão pode ter contribuído para a maior deposição. Bray e Ghoran (1964) indicam que além da deficiência hídrica e variação da temperatura, a diminuição do fotoperíodo pode estar seguidamente influenciando a maior deposição de serapilheira. Esta elevação da perda de folhagem surge como estratégia de sobrevivência das plantas, diminuindo, dessa maneira, a perda de água através da transpiração (Viera e Schumacher, 2010). O período de crescimento reprodutivo também deve ser levado em consideração quando analisado a quantidade depositada pela miscelânea no decorrer do ano.

Corrêa *et al.* (2013) e Schumacher *et al.* (2013), obtiveram dados semelhantes com os encontrados, realizando estudos com *E. dunnii* e *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus maidenii* respectivamente, obtendo um total depositado de aproximadamente 4,1 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 7,4 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> aos 28,5 e 90 meses respectivamente.



**Figura 1: Relação entre a produção de serapilheira e a precipitação pluviométrica em 2012.**  
**Figure 1: Relationship between litter production and rainfall in 2012.**

As folhas representam a via mais rápida de retorno e mais rica em nutrientes (Pinto *et al.*, 2009). Na **tabela 1** podem ser verificados as concentrações dos macronutrientes N, P e K nas diferentes frações da serapilheira produzida.

**Tabela 1: Concentração de N, P e K nas diferentes frações da serapilheira de *E. dunnii* aos 48 meses de idade.**

**Table 1: Concentration of N, P and K in fractions litter of *E. dunnii* at 48 months of age.**

Fração	N	P	K
	(g kg <sup>-1</sup> )		
Folha	7,16	0,46	5,16
Galhos Finos	2,70	0,12	3,29
Miscelânea	5,15	0,32	2,61
Galhos Grossos	1,63	0,13	1,74

Nota-se, na **tabela 2**, que de todas as frações analisadas, a fração folha é a que aporta maior quantidade de todos os elementos analisados, contribuindo com 82,2% de N, 86,3% de P e 80,1% de K de toda a deposição. De acordo com Taiz e Zieger (2004), os elementos N, P e K se encontram mais nas folhas, pois estes atuam nos principais processos fisiológicos que ocorrem dentro da planta.

**Tabela 2: Quantidade de N, P e K na serapilheira de *E. dunnii* aos 48 meses de idade**  
**Table 2: Amount of N, P and K in litterfall of *E. dunnii* at 48 months of age.**

Fração	Biomassa	N	P	K
	(kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )			
Folha	4690,9 (67,1)*	29,73 (82,2)	2,01 (86,3)	24,38 (80,1)
Galhos finos	1236,57 (17,7)	3,07 (8,5)	0,15 (6,4)	3,69 (12,1)
Miscelânea	600,89 (8,6)	2,46 (6,8)	0,14 (6,0)	1,29 (4,2)
Galhos grossos	464,9 (6,6)	0,9 (2,5)	0,03 (1,3)	1,08 (3,5)
<b>Total</b>	<b>6993,26</b> <b>(100)</b>	<b>36,16</b> <b>(100)</b>	<b>2,33</b> <b>(100)</b>	<b>30,44</b> <b>(100)</b>

\*Valores entre parênteses representam o percentual do total da biomassa e dos nutrientes.

A magnitude da quantidade de nutrientes da serapilheira é folha > galhos-finos > miscelânea > galhos-grossos. A mesma sequência pôde ser observada por Corrêa *et al.* (2013).

Corrêa *et al.*, (2013) no mesmo povoamento de *E. dunnii*, porém aos 26 meses de idade encontraram um aporte de aproximadamente 30,11 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo que destes, 28,76 kg ha<sup>-1</sup> foram verificados apenas na fração folha. O aporte para P e K foi de 1,62 e 17,97 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Lisanevork e Michelsen (1994) em estudo com três plantações comparadas a uma floresta natural nas montanhas da Etiópia obteve para o plantio de *Eucalyptus globulus*, com aproximadamente 40 anos de idade, uma deposição de 5.830 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Já as quantidades de N, P e K obtidas foram 21,2, 1,2 e 52,2 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

### Conclusões

A produção total de serapilheira foi de 6.284,05 kg ha<sup>-1</sup>. As quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio devolvidas ao solo foram 36,16, 2,33 e 30,44 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

### Agradecimentos

À Empresa Stora Enso S/A pela disponibilização das áreas para estudo e pelo apoio logístico e financeiro e, aos colegas, acadêmicos do curso de Engenharia Florestal, funcionários do laboratório de Ecologia Florestal da UFSM pela inestimável ajuda na coleta e processamento dos dados.

## Bibliografia

- ABRAF –Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2013 **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2012. Brasília. ABRAF, 146 p.
- BRAY, J. R.; GHORAN, E. 1964. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**. v.2, n.1, p.101-157.
- CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R.; 2013. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa - **Scientia Forestalis**, v.41, n. 97 p.065-074.
- EMBRAPA –Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2. ed. 306p.
- LISANERWORK, N.; MICHELSEN, A.; 1994. Litterfall and nutrient release by decomposition in three plantations compared with a natural forest in the Ethiopian highland. **Forest Ecology and Management**. V. 65, P. 149–164.
- GOLLEY, F. B. 1975. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. São Paulo: EPU. 256 p.
- GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. 2000. Reflexo do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, cap 1, p. 01-58.
- MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. de S. do; MELLO, W. J. de. 1999. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: Embrapa Informática Agropecuária. P. 171-223.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T.; 2009. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, v.33 n.4, Viçosa.
- POGGIANI, F. 2012. Ciclagem de Nutrientes em Florestas do Brasil. In: Sebastião Venâncio Martins. (Org.). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2a. ed. Viçosa MG: Universidade Federal de Viçosa, v. , p. 175-251.
- SCHUMACHER, M. V.; CORRÊA, R. S.; VIERA, M.; ARAÚJO, E. F. 2013. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus maidenii*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 501-508.
- TAIZ, L.; ZIEGER, E. 2004. **Fisiologia Vegetal**. (Ed.) 3. Porto Alegre, Artmed.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. 1995. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 118 p. (Boletim Técnico).
- VIERA, M. 2010. Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS, Brasil. Tese de doutorado, Santa Maria, 119 p.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. 2010. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 225-233.
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. 2004. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, nov./dez

**APORTE DE N, P K VIA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EM UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. EM CAMBARÁ DO SUL, BRASIL.**

**N P K INPUT VIA RAINFALL AT A *Pinus taeda* L. STAND, CAMBARÁ DO SUL, BRAZIL.**

**Lopes, Vicente Guilherme<sup>1</sup>; Schumacher, M. V.<sup>2</sup>; Noal, T. N.<sup>3</sup>; Somavilla, T. M.<sup>4</sup>; Santos, J. C.<sup>5</sup>; Bastos, F.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador do Laboratório de Ecologia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, Av. Roraima, 1000, Prédio 44, Sala 5268, Bairro Camobi, CEP 97015-900, Santa Maria (RS). E-mail: <viguilopes@yahoo.com.br>.

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Dr. nat. techn., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <mvschumacher@gmail.com>.

<sup>3</sup> Engenheira Florestal, M.Sc., Professora Substituta da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <tati\_noal@hotmail.com>.

<sup>4</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <tamiresmanfio@yahoo.com.br>.

<sup>5</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <joelufsm@gmail.com>

<sup>6</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <francieledebastos@gmail.com>.

## **Resumo**

A fertilidade dos ecossistemas florestais, mesmo em plantios comerciais, está intimamente associada à entrada de nutrientes pela deposição atmosférica com ênfase na água da chuva. Nesse sentido o objetivo do presente estudo foi de quantificar a entrada dos nutrientes N, P e K via precipitação pluviométrica (P). O estudo foi realizado em Cambará do Sul, Brasil. A plantação de *Pinus taeda* L, foi implantada no ano de 1993, com um espaçamento de 3 m x 2 m. A água contida nos coletores foi quinzenalmente quantificada, amostrada e enviadas ao laboratório para análise química. O aporte anual (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) via precipitação pluviométrica foi de 8,43 (N), 1,54 (P), 5,83 (K).

**Palavras-chave:** Nutrição florestal, Ciclagem de nutrientes, Silvicultura.

## **Summary**

The fertility of forest ecosystems, even in commercial plantations, is closely linked to the input of nutrients through atmospheric deposition with an emphasis on rainfall. In this sense the objectives of this study were quantifying the input of N, P and K via rainfall. This study was conducted in "Cambará do Sul", Brazil. The planting of *Pinus taeda* L, was established in 1993, with a spacing of 3 m x 2 m. The water contained in the collectors was quantified fortnightly, sampled and sent to laboratory for chemical analysis. Annual input (kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) via rainfall was 8,43 (N), 1,54 (P), 5,83 (K).

**Keywords:** Forest nutrition, Nutrient cycling, Forestry.

## Introdução

A perpetuação da fertilidade nos ecossistemas florestais depende ao longo do tempo principalmente da entrada de nutrientes através das chuvas e da liberação de novos nutrientes pelo intemperismo, sendo em longo prazo importante na renovação, do estoque de nutrientes. Em curto prazo, a manutenção da fertilidade do sítio esta preponderantemente associada a entrada de nutrientes via precipitação atmosférica (Lima, 1985), sendo a chuva a principal via de passagem da água da atmosfera para a superfície terrestre (Silveira, 1993).

Segundo Poggiani (1992), a atuação da precipitação como agente carreador está fortemente relacionada aos eventos atmosféricos, podendo deste modo levar à superfície do solo nutriente e poluente. O ar atmosférico é composto por gases e partículas de diversas origens, como orgânicas, químicas e sais marinhos (Bertoni e Tucci, 1993), a natureza de seus constituintes é variável, sendo dependente da fonte e quantidade de poluição industrial, da direção dos ventos predominantes, da proximidade do mar e do uso da terra (Castro, 1980).

Conforme Oliveira e Coelho Netto (2001), a água da chuva atua seguindo modos diversos e específicos nos processos de ganho de nutrientes, seja pela incidência direta sobre o solo sem interação com as copas, pela lavagem das copas ou através do escoamento pelo tronco. No primeiro caso, a entrada se dá como resultado direto da composição da água da chuva após a infiltração no solo ou em menor extensão, por processo de absorção foliar. Na lavagem das copas, a água ao atravessar o dossel, arrasta consigo o material particulado que está depositado sobre a superfície das folhas e tecido vegetal. Em períodos secos ocorrem maiores deposições de poeira e outros materiais particulados sobre a superfície da vegetação, ocasionando maiores modificações na composição química da água da chuva nesses períodos.

É interessante observar que a importância da precipitação como fonte de nutrientes está estreitamente ligada à sua regularidade. A água da chuva é realmente importante para a nutrição vegetal, porém, a regularidade é fundamental devido às limitações do solo na armazenagem desses nutrientes.

De acordo com Martins et al. (2005), a chuva atua como um eficiente meio de remoção de gases e substâncias particuladas suspensas na atmosfera, normalmente oriundas de atividades antrópicas. Com o aumento na concentração dessas substâncias, os estudos sobre a caracterização química das chuvas tem ganhado importância nos últimos anos.

Quanto às perdas de água da chuva em florestas, Wisler e Brater (1964) relatam que para uma dada precipitação, a interceptação pela copa no verão e no inverno parece ser aproximadamente a mesma em florestas de coníferas, mas para espécies folhosas caducifólias, a interceptação pela copa no verão chega a ser de duas ou três vezes maior que a do inverno, devido à caducidade foliar de seus indivíduos ser concentrada no período frio. A interceptação pela copa em coníferas é superior a de árvores caducifólias, mesmo quando estas últimas estão com todo o seu volume de folhas.

Considerando o acima exposto, o objetivo do presente estudo foi de quantificar a entrada de N, P e K via precipitação pluviométrica em um povoamento de *Pinus taeda* L.

## Material e métodos

Para amostragem e quantificação da precipitação pluviométrica (P), foram utilizados 3 coletores, instalados a 100 m do plantio de *P. taeda*, no campo adjacente, alinhados e distanciados 5 m um do outro. Os coletores eram compostos por tubos de PVC, com a abertura de coleta de 20 cm de diâmetro, posicionadas verticalmente a 150 cm de altura, a partir do solo. Internamente estes coletores possuíam a forma de um funil com um filtro, que por sua vez, foram acoplados em um reservatório com a capacidade de 6 litros **Figura 1**.

Com base na área de captação do coletor (314,16 cm<sup>2</sup>) e no volume de água acumulada em seu reservatório, foi calculada quinzenalmente a precipitação pluviométrica (mm), para cada um dos 3 coletores.

De posse dos volumes em milímetros foram calculadas médias aritméticas dos coletores em cada quinzena e, a partir destas foram calculadas as médias mensais, pela soma de duas quinzenas. Com base nos valores médios de precipitação e nos valores médios de concentração dos elementos analisados quinzenalmente, foi obtida a quantidade de nutriente depositado na área.

A coleta de amostras para análise química e a quantificação individual do volume em cada coletor foi realizada quinzenalmente. As coletas de água foram referentes a um período de 4 anos, compreendidos entre agosto de 2006 a julho de 2010. A quantificação foi realizada com o auxílio de uma proveta graduada, com capacidade de 1 litro.



**Figura 1:** Coletores de Precipitação Pluviométrica instalados no campo adjacente ao povoamento de *Pinus taeda* L., em Cambará do Sul – RS, Brasil.

**Figure 1:** Rainfall collectors installed in the adjacent grassland to *Pinus taeda* L. stand., Cambará do Sul – RS, Brazil.

Após coletadas e acondicionadas em potes plásticos de 0,5 litros, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, onde foram registradas, filtradas e analisadas, conforme metodologia APHA-Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).



## Resultados e discussão

O volume médio de precipitação pluviométrica observado na área de estudo foi de 2.081,5 mm ano<sup>-1</sup>, sendo, a menor média de precipitação pluviométrica, observada no mês de junho (87,3 mm ano<sup>-1</sup>) e a maior, observada no mês de maio (226,8 mm ano<sup>-1</sup>).

Conforme Arcova e Cicco (1987), a água da precipitação, ao interagir com o dossel da floresta, terá dois caminhos a seguir. Parte desta é retida pelos arbustos e árvores, sendo evaporada e retornando para a atmosfera. O restante pode passar diretamente pelos espaços vazios entre as folhas e as copas ou atingir o solo da floresta após escorrer pelas folhas, ramos e troncos. Parte ainda é interceptada pela serapilheira acumulada sobre o solo mineral. Dependendo da idade do povoamento a camada de serapilheira poderá ser maior e por sua vez interceptar maiores quantidades de água que goteja das copas e mesmo escorre pelo tronco.

Na **tabela 1** verificam-se os dados referentes ao aporte mensal e anual de N P K via precipitação pluviométrica, precipitação interna e escurimento pelo tronco.

**Tabela 1:** Aporte mensal e anual de N, P e K (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) pela Precipitação pluviométrica (P), ocorrido na área de estudo no período entre agosto de 2006 e julho de 2010.

**Table 1:** Monthly and annual input of N, P and K (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) by Rainfall (P), occurred in the study area between August 2006 and July 2010.

Mês	N	P	K
Janeiro	0,64	0,10	0,24
Fevereiro	2,41	0,40	1,06
Março	0,33	0,10	0,27
Abril	0,21	0,07	0,25
Maio	0,18	0,09	0,21
Junho	0,18	0,09	0,14
Julho	0,41	0,10	0,64
Agosto	0,56	0,07	0,51
Setembro	0,85	0,07	0,32
Outubro	0,57	0,02	0,34
Novembro	0,35	0,15	0,29
Dezembro	1,72	0,27	1,57
Média	0,7	0,13	0,49
Desvio Padrão	1,14	0,16	0,72
CV%	162,04	125,03	148,44
<b>Σ (ano)</b>	<b>8,43</b>	<b>1,54</b>	<b>5,83</b>

<sup>1</sup> Pelo teste de Tukey não foi detectada diferença estatística entre as médias mensais;

Lima (1980), estudando a dinâmica entre a floresta e materiais particulados ou na forma de aerossóis, presentes na atmosfera, verificou a absorção de SO<sub>2</sub> e também de NO<sub>2</sub>, especialmente na parte superior da copa, ou seja, nas áreas com maiores taxas metabólicas.

Em consonância com Corrêa (2011), o aporte de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi maior do que o de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, e este maior do que o de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Ovalle (1985), pesquisando em área de Floresta Atlântica no Rio de Janeiro, concluiu que cerca de 20% do potássio (2 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) que saem de uma bacia hidrográfica por via fluvial, podem ser atribuídos às entradas atmosféricas.

Os menores teores de fósforo na água que atravessa o dossel devem-se ao fato de que este elemento está associado a moléculas orgânicas, assim como o nitrogênio, sendo menos susceptível a lixiviação, ao contrário dos outros nutrientes, que são encontrados na forma iônica na solução das células (Eaton et al., 1973).

O grau de modificação da qualidade da precipitação incidente varia de lugar para lugar e com as espécies arbóreas. Varia ainda através do tempo, em resposta às flutuações na qualidade da precipitação, variações na disponibilidade de aerossóis e exsudados da vegetação e intensidade das precipitações (Walling, 1980; Attiwill, 1966).

## Conclusões

A Precipitação pluviométrica é uma importante fonte de nutrientes para o povoamento de *Pinus taeda* L., sendo responsável pela entrada 8,43 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, 1,54 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P e 5,83 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K.

## Referências

- APHA. 1998, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, DC
- ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V., 1987., Fluxo de nutrientes através da precipitação, precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha-SP. **Bol. Téc. Inst. Flor.** São Paulo, v. 41, n. 1, p. 37-58.
- ATTIWILL, P. M., 1966., The chemical composition of rainwater in relation to cycling of nutrients in mature eucalyptus forest. **Plant and Soil**, The Hague, v. 24, n.3, 390-406.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M., 1993Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/ EDUSP. 943p. p.177-241. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)
- CASTRO, P. S.,1980, **Influência da Cobertura Florestal na Qualidade da Água em Bacias Hidrográficas na Região de Viçosa, MG**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, SP.
- CORRÊA, R. S., 2011, Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* estabelecido no bioma pampa. 2011. 99 p. **Tese** (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS.
- EATON, S. J.; LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H., 1973, Throughfall and stemflow chemistry in a Northern hardwood forest. **The Journal of Ecology**, Oxford, Londres, v. 61, n. 2, p. 495-508.
- LIMA, W. P., 1980, As florestas e a poluição do ar. **IPEF**. Piracicaba, v.1, n.1, p. 1 – 41.
- LIMA, W. P., 1985, Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerradão. **IPEF**, Piracicaba, n.30, p.13-17.
- MARTINS, R. F., LISBOA, H. M., HAAS, R., MARQUEZI, C., 2005, Qualidade da Água de Chuva no Litoral de Santa Catarina. In: 5ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em <[http://www.sepex.ufsc.br/anais\\_5/trabalhos/840.html](http://www.sepex.ufsc.br/anais_5/trabalhos/840.html)>. Acesso em: 29 jul. 2008.
- OLIVEIRA, R. R.; COELHO NETTO, A. L., 2001, Captura de nutrientes atmosféricos pela vegetação na Ilha Grande, RJ. **Pesquisa Botânica**, Rio de Janeiro, n. 51, p. 31-49.
- OVALLE, A. R. C., 1985, **Estudo Geoquímico das Águas Fluviais da Bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense, 79 p.
- POGGIANI, F., 1992, Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. **Revista do Instituto Florestal**, n. 3, p. 734-739.
- SILVEIRA, A. L. L., 1993, Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/ EDUSP, X. 943p. p.35-51. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)
- WALLING, D. E., 1980, Water in the catchment ecosystem. In: GROWER, A. M. Ed. **Water quality in catchment ecosystem**. Chichester, John Wiley e Sons, p. 1-47.
- WISLER, C. O.; BRATER, E. F., 1964, **Hydrology**. 2º ed. Michigan: John Wiley e Sons, Inc., 408 p.

**PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEVOLUÇÃO DE NPK EM UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L.**

**LITTERFALL AND NPK RETURN AT A *Pinus taeda* L. STAND**

**Lopes, Vicente Guilherme<sup>1</sup>; Schumacher, M. V.<sup>2</sup>; Noal, T. N.<sup>3</sup>; Somavilla, T. M.<sup>4</sup>; Santos, J. C.<sup>5</sup>; Bastos, F.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador do Laboratório de Ecologia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, Av. Roraima, 1000, Prédio 44, Sala 5268, Bairro Camobi, CEP 97015-900, Santa Maria (RS). E-mail: <viguilopes@yahoo.com.br>.

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Dr. nat. techn., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <mvschumacher@gmail.com>.

<sup>3</sup> Engenheira Florestal, M.Sc., Professora Substituta da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <tati\_noal@hotmail.com>.

<sup>4</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <tamiresmanfio@yahoo.com.br>.

<sup>5</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <joelufsm@gmail.com>

<sup>6</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <francieledebastos@gmail.com>.

**Resumo**

A produção de serapilheira e a devolução de nutrientes tem grande importância na ciclagem biogeoquímica. O objetivo do estudo foi quantificar a produção de serapilheira e a devolução de N P K em uma plantação de *Pinus taeda* L., em Cambará do Sul, Brasil. Para amostragem foram instaladas 3 parcelas, em cada uma delas foram distribuídos sistematicamente 4 coletores. A amostragem foi realizada mensalmente durante um período de 3 anos. O material coletado, foi enviado ao Laboratório, onde foi seco, pesado, moído e analisado. A deposição média anual de serapilheira foi de 5,85 Mg ha<sup>-1</sup> verificou-se que na primavera ocorreram as menores deposições de serapilheira. O maior aporte de N P K ocorreu no período de outono e inverno, destacando-se o mês de junho com os maiores valores. A ordem de dominância no aporte de N P K ocorreu da seguinte forma: N > K > P.

**Palavras – chave:** Ciclagem de nutrientes. Material senescente. Nutrição florestal. Sustentabilidade.

**Summary**

Litterfall and nutrient return has great importance in biogeochemical cycling. The objective of this study was to quantify the production and return of nutrients via litter fall in a plantation of *Pinus taeda* L. stand in Cambará do Sul, RS, Brazil. For sampling 3 plots were installed in which one of them 4 collectors. Sampling was done monthly over a period of three years. The material collected, was sent to the laboratory where it was dried, weighed, ground and analyzed. The average annual litterfall was 5.85 Mg ha<sup>-1</sup> it was found that in spring the lowest litterfall. The higher N, P and K input occurred during autumn and winter, especially in the month of June with the highest values. The order of dominance in N, P and K input was as follows: N > K > P.

**Keywords:** Nutrient cycling. Senescent material. Forest nutrition. Sustainability.

## Introdução

A serapilheira pode ser definida como todos os tipos de material biogênico (folhas/acículas, ramos, caules, frutos, flores, cascas e outras partes das plantas depositadas no piso florestal, bem como restos de animais e material fecal) em vários estágios de decomposição. Este material representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras, que realizam a sua decomposição. Além disso, a serapilheira pode acumular significativa quantidade de água junto aos seus tecidos, fazendo a função de uma grande esponja e filtro, que se encharca logo após uma precipitação e após isso vai liberando lentamente a água acumulada para o solo, aonde irá abastecer as raízes das plantas.

De acordo com Schumacher e Hoppe (1998), a floresta desempenha papel fundamental na manutenção das condições ideais para que ocorra o processo de infiltração da água. Isso ocorre em função da maior absorção inicial da água e redução da velocidade da gota, impedindo que a mesma impacte sobre o solo de forma direta, causando a sua desagregação.

A serapilheira também se torna um eficiente anteparo às gotas da chuva, absorvendo esta umidade e liberando-a de forma lenta para o solo, facilitando a infiltração.

A capacidade da serapilheira em acumular água varia em função da espessura da camada formada sobre o solo (Schumacher e Hoppe, 1998), da umidade do material antes da precipitação (Molchanov, 1963), da sua constituição e grau de decomposição.

A ciclagem biológica de nutrientes é um processo importante na nutrição de *Pinus* sp., de forma que os fluxos de entrada, saída e armazenamento de nutrientes nos horizontes orgânicos estão sendo estudados e levados em consideração nas decisões de manejo (Reissmann e Wisniewski, 1999).

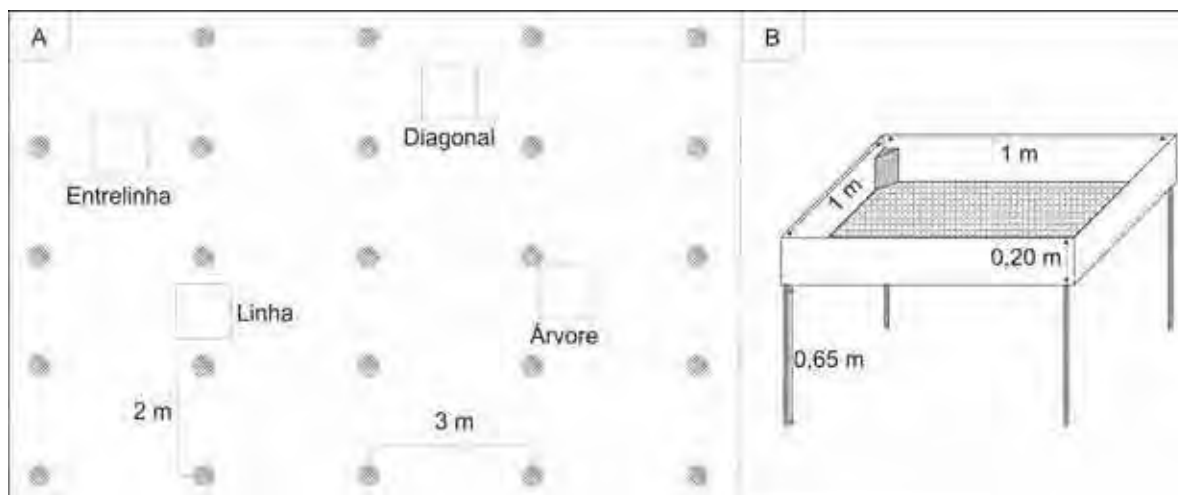
Na ciclagem biológica, o fluxo mais estudado tem sido a produção de serapilheira e a devolução de nutrientes. As estimativas mostram que a produção de serapilheira poderá variar entre 6,4 e 9,3 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Delitti, 1984; Poggiani *et al.*, 1987; Soave e Pagano, 1994; Wisniewski e Reissmann, 1996).

De acordo com Alves *et al.* (2006), o estudo quali-quantitativo da serapilheira é importante para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas florestais. Nesse sentido o objetivo do presente estudo foi de quantificar a produção e a devolução de N P K por meio da serapilheira em uma plantação de *Pinus taeda* L. do 14º ao 16º ano de idade, em Cambará do Sul, RS, Brasil.

## Material e Métodos

### Amostragem e análises químicas

Para amostragem da serapilheira depositada pelo plantio de *Pinus taeda* L., foram demarcadas 3 parcelas de 20 m x 20 m em cada uma delas foram distribuídos sistematicamente quatro coletores, alocados em quatro diferentes situações: na linha (L) entre duas árvores, outro na entrelinha (EL) de plantio entre duas árvores, outro na diagonal (D) entre quatro árvores e o último encostado no tronco de uma árvore (A); totalizando 12 coletores de serapilheira (**Figura 1 A**). A amostragem da serapilheira total (acículas + galhos finos + miscelânea), foi realizada com o auxílio de coletores formados por uma moldura de madeira com 1 m<sup>2</sup> de área, suspensa por estacas de madeira (**Figura 1 B**). É importante ressaltar que a serapilheira não foi separada por que era composta basicamente por acículas.



**Figura 1:** Croqui demonstrativo da distribuição dos coletores no interior da parcela (A). Aspecto do coletor de serapilheira (B).

**Figure 1:** Sketch demonstrating the distribution of littertraps inside the parcel (A). Aspect of litterfall collector (B).

A amostragem do material acumulado no interior dos coletores foi realizada mensalmente, durante um período de 3 anos, contados a partir de setembro de 2007 até agosto de 2010. O material coletado foi enviado ao Laboratório onde foi seco em estufa de circulação e renovação de ar a 70 °C, por um período de 72 horas, sendo posteriormente pesado em balança digital de precisão (0,01 g), e após, moído em moinho do tipo Wiley, com peneira de 30 mesh, para posteriores análises químicas.

Para análise quantitativa, foram realizadas as pesagens individuais da serapilheira depositada em cada um dos coletores, de cada uma das parcelas, com quatro coletores. Para análise química, foi realizada uma amostra composta a partir dos 3 coletores, localizados na mesma posição, sendo 1 de cada parcela. Foram determinados os teores de N, P e K seguindo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995) e Miyazawa *et al.* (1999). Por meio dos teores e da quantidade de material depositado, foram quantificados os conteúdos dos elementos analisados neste estudo. A produção de serapilheira foi estimada segundo Lopes *et al.* (2002), tomando por base a seguinte equação:

$$PAS = (\Sigma PMS \times 10.000) / Ac$$

Onde: PAS = Produção média anual de serapilheira (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>); PMS = Produção média mensal de serapilheira (kg ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>); Ac = Área do coletor (m<sup>2</sup>).

A análise estatística foi realizada com o aplicativo Action (ESTATCAMP, 2011). Foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro para a separação dos contrastes de médias.

## Resultados e Discussão

Na **tabela 1** verificam-se os valores observados para a deposição de serapilheira na plantação de *P. taeda*, localizado em Cambará do Sul, RS, Brasil. A deposição média anual de serapilheira foi de 5,85 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo verificada uma redução de 0,73 Mg ha<sup>-1</sup> do primeiro para o segundo ano e outra de 0,69 Mg ha<sup>-1</sup> do segundo para o terceiro ano. No primeiro ano os meses que apresentaram os maiores valores foram junho e agosto, no segundo ano junho e julho e no terceiro ano maio e junho.

Considerando o valor médio de deposição da serapilheira, a um nível de 5% de probabilidade de erro, apenas o mês de junho diferiu estatisticamente dos demais meses, representando 23,5 % do total depositado no ano.

**Tabela 1:** Deposição mensal de serapilheira (kg ha<sup>-1</sup>) no período de set./07-ago./10, no povoamento de *Pinus taeda* L., em Cambará do Sul, RS Brasil.

**Table 1:** Monthly litterfall (kg ha<sup>-1</sup>) within set./07-ago./10, at a *Pinus taeda* L. stand in Cambará do Sul, RS, Brazil.

Mês	Média	Desvio Padrão	Total	% no ano
Janeiro	<b>225,24</b> bc	64,67	675,72	3,85
Fevereiro	<b>289,80</b> bc	115,40	869,40	4,95
Março	<b>282,96</b> bc	53,26	848,87	4,84
Abril	<b>528,56</b> bc	257,16	1585,68	9,03
Maio	<b>984,04</b> ab	430,99	2952,11	16,82
Junho	<b>1375,28</b> a	692,11	4125,83	23,50
Julho	<b>759,51</b> abc	207,85	2278,53	12,98
Agosto	<b>676,11</b> abc	274,15	2028,34	11,55
Setembro	<b>296,71</b> bc	119,92	890,13	5,07
Outubro	<b>123,30</b> c	16,92	369,90	2,11
Novembro	<b>153,40</b> c	32,60	460,21	2,62
Dezembro	<b>157,03</b> c	69,31	471,08	2,68
<b>Total</b>	<b>5851,93</b>	2982,88	17555,78	100,00

\* médias seguidas por mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey com 95% de confiabilidade.

Na mesma região do presente estudo, Schumacher et al. (2007) estimaram uma deposição de serapilheira de 3,99; 4,72 e 4,84 Mg ha<sup>-1</sup>, em povoamento de *P. taeda*, respectivamente para o 5º, 6º e 7º anos. Em outro estudo conduzido em São Paulo, Poggiani (1985) estudou a deposição de serapilheira em um povoamento de *P. caribaea* com 14 anos de idade, onde verificou uma deposição média de serapilheira de 8,37 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo superior a média observada neste estudo.

No presente estudo, analisando-se a sazonalidade na deposição de serapilheira, verificou-se que na primavera ocorreram as menores deposições de serapilheira para os três anos analisados. A ordem decrescente na deposição para o primeiro e segundo ano foi: inverno > outono > verão > primavera, de forma semelhante no terceiro ano e na média anual estacional a ordem foi: outono > inverno > verão > primavera.

Assim como no presente estudo Viera e Schumacher (2010a), para eucalipto, verificaram a ocorrência de uma variação estacional na deposição de serapilheira, ocorrendo da seguinte maneira: outono > verão > primavera > inverno, no segundo ano, a magnitude foi: verão > outono > inverno > primavera e no terceiro ano foi: outono > verão > inverno > primavera. Em relação à média anual estacional, a deposição na estação outono foi maior, não diferindo em relação ao verão e inverno; já na primavera a deposição foi significativamente inferior ao período outonal. No mesmo sentido, Poggiani (1985) verificou que a deposição de serapilheira ficou concentrada nos períodos secos durante a primavera e o outono.

Em um estudo conduzido, na mesma região de Cambará do Sul, sob um plantio de *P. taeda*, do 5º ao 7º ano de idade, Viera e Schumacher (2010 a), verificaram que com a diminuição da pluviosidade, ocorre o aumento na deposição de serapilheira, em todo o período de estudo, assim como no presente estudo.

O contrário foi observado para a temperatura média do ar, com a elevação da temperatura ocorre um aumento na taxa de deposição de serapilheira, diferindo da tendência observada no presente estudo, fato explicado pela diferença de idade entre os povoamentos, já que na fase inicial de desenvolvimento e prioridade de alocação de biomassa na copa (Andrae, 1978), pela alta atividade metabólica, o povoamento se apresenta mais sensível à falta de água e aumento das temperaturas.

Segundo Poggiani e Schumacher (2000), a quantidade de material de origem orgânica depositado em florestas ao longo de um ano esta relacionada com as condições climáticas, sendo maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas e menores nas regiões frias.

Melo e Resck (2002) estudando a deposição de serapilheira verificaram que a maior queda de acículas ocorreu nas estações secas do ano. Os autores relacionam este comportamento como uma resposta fisiológica das plantas para minimizar as perdas de água por meio da transpiração.

Outra correlação significativa e importante na região dos Campos de Cima da Serra, sendo um aspecto importante na deposição de serapilheira é a presença constante de ventos com origem oceânica. Conforme Motta *et al.* (1971), os ventos dominantes na região são alísios, ou seja, sopram do mar para a terra, devido a região situar-se próximo ao litoral norte do estado do Rio Grande do Sul.

*Os maiores teores de nutrientes foram observados nos períodos de primavera e verão, coincidindo com o período em que ocorrem as menores deposições de serapilheira, e período de crescimento das árvores, que retranslocam nutrientes das acículas mais velhas para as mais novas. Da mesma forma que o observado no presente estudo, Viera e Schumacher (2010 b), verificaram que os maiores teores de nutrientes, presentes na serapilheira de Pinus taeda, ocorreram no período de menor deposição.*

A partir dos valores apresentados na **tabela 2** é possível verificar que o maior aporte de nutrientes no *P. taeda*. ocorreu no período de outono e inverno, destacando-se o mês de junho com os maiores valores. Neste período foram verificados os menores teores de N P K nas acículas, porém a quantidade na deposição de acículas foi maior, reportando ao maior aporte de nutrientes observado. A ordem de dominância no aporte de N P K ocorreu da seguinte forma:  $N > K > P$ .

Caldeira *et al.* (2008) estudaram o aporte de nutrientes via deposição de serapilheira em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa em diferentes níveis de regeneração, verificando para os estágios inicial e intermediário de regeneração a mesma tendência de dominância para o aporte de macronutrientes observada no presente estudo. Vogel (2005) verificou em uma Floresta Subtropical de Encosta uma devolução em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de 123,1 de N, 6,7 de P, 26,3 de K. Os dados observados no presente estudo foram inferiores aos observados por Caldato (2011). Novais e Poggiani (1983), estudando a deposição de nutrientes em um plantio de *P. caribaea* com 7 anos de idade, verificaram um aporte em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de 20,32 (N), 1,06 (P), 9,89 (K).

A grande quantidade de raízes presentes na camada de serapilheira observada por Lopes (2009) na mesma área do presente estudo, e Vogel (2005), destaca a grande importância da devolução de nutrientes pela deposição e acúmulo da serapilheira no piso da floresta. No mesmo sentido, Vogel (2005) constatou que em locais com solos rasos a devolução de nutrientes, via deposição de serapilheira é de extrema importância na manutenção do ecossistema do ponto de vista nutricional.

Viera e Schumacher (2010b) analisando o teor e a taxa de retranslocação de nutrientes nas acículas de *P. taeda*, verificaram que os maiores teores de N foram observadas nas acículas maduras e senescentes, nas acículas novas os maiores teores foram de K.

Numa análise comparativa da composição química de acículas verdes e da manta sob um povoamento de *P. elliottii* aos 8 anos de idade em Santa Catarina, Brum (1979) relatou que os nutrientes N, P e K, foram mais abundantes nas acículas que na serapilheira acumulada, a qual apresentou maiores concentrações de Ca, Mn, Fe e Al. Segundo a autora, as funções de cada nutriente na síntese de proteínas ou outras atividades metabólicas levam os elementos móveis a se concentrarem mais nas acículas verdes e jovens. O cálcio, representante típico dos elementos de baixa mobilidade, apresenta altos teores nas camadas da serapilheira acumulada, acumuladas no piso das florestas.

**Tabela 2:** Aporte mensal de N, P e K (kg ha<sup>-1</sup>) via deposição de serapilheira, no período de set./07-ago./10, no povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS, Brasil.

**Tabela 2:** Monthly input of N, P and K (kg ha<sup>-1</sup>) via litterfall, between set./07-ago./10, at a *Pinus taeda* L. stand, Cambará do Sul, RS, Brazil.

Mês	N	P	K
Janeiro	1,57	0,13	0,21
Fevereiro	2,02	0,17	0,29
Março	1,73	0,14	0,21
Abril	3,02	0,24	0,34
Maio	5,11	0,38	0,52
Junho	7,04	0,55	0,77
Julho	4,01	0,29	0,32
Agosto	4,15	0,31	0,42
Setembro	2,49	0,20	0,45
Outubro	1,17	0,09	0,18
Novembro	1,34	0,10	0,19
Dezembro	1,36	0,11	0,21
<b>Total</b>	<b>35,00</b>	<b>2,73</b>	<b>4,11</b>

### Conclusões

A deposição média anual de serapilheira foi de 5,85 Mg ha<sup>-1</sup>;

Na primavera ocorrem as menores deposições de serapilheira; A deposição média anual estacional segue a seguinte ordem decrescente: outono > inverno > verão > primavera;

O material decíduo apresentou os maiores teores na primavera e verão;

A maior devolução de nutrientes, por meio da serapilheira, ocorre no período de outono e inverno;

A ordem de aporte médio de nutrientes para o período estudado foi N > K > P.



## Referências

- ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. de., 2006, Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de biologia e ciências da terra**. v. 6, n. 2, p. 194-203.
- ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: Imprensa Universitária da UFSM, 1978. 230 p.
- BRUM, E. T., 1979, **Relação entre a altura dominante e fatores de sítio em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Ponte Alta do Norte, SC**. Curitiba. 179 p. dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná.
- CALDATO, S. L., 2011, **Ciclagem biogeoquímica dos nutrientes em uma plantação de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino**. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R., 2008, **Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, jan./mar.
- DELITTI, W. B. C., 1984, **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* var. *elliottii***. São Paulo, 1984. 298 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Botânica, Universidade de São Paulo.
- ESTATCAMP, 2011, **ACTION**. São Carlos. Versão 2.4.163.322. Disponível em: <www.statsoft.com.br>. Acesso em 30 jan. 2013.
- LOPES, M. I. M; DOMINGOS, M.; VUONO, Y. S., 2002, Ciclagem de nutrientes minerais. In: **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. SYLVESTRE, L. S. e ROSA, M. M. T. Seropédica, RJ: EDUR, p.72-103.
- LOPES, V. G., 2009, **Quantificação das raízes finas em um povoamento de *Pinus taeda* L., na região dos Campos de Cima da Serra, RS**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- MELO, J. T.; RESCK, D. V. S., 2002, **Retorno, ao solo, de nutrientes de serapilheira de *Pinus* no cerrado do Distrito Federal**. Planantina: Embrapa Cerrados, 18p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, 75).
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, cap. 4, p.171-224.
- MOLCHANOV, A. A., 1963, **The Hydrological Role of Forest**. Jerusalém, 407 p.
- MOTTA, F. S.; BEISDORF, M. J. C.; GARCEZ, R.B., 1971, **Zoneamento agrícola do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: normas agro-climáticas**. Pelotas: Ministério da Agricultura, 80p.
- NOVAIS, R. F. F.; POGGIANI, F., 1983, Deposição de Folhas e Nutrientes em Plantações Florestais Puras e Consorciadas de *Pinus* e *Liquidambar*. **IPEF**, n.23, p.57-60, abr.
- POGGIANI, F., 1985, Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems. Silvicultural implications. **IPEF** V.31, p.33 – 40.
- POGGIANI, F.; ZAMBERLAN, E.; MONTEIRO JÚNIOR, E. M.; GAVA, I. C., 1987, Quantificação da deposição de folheto em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em uma área degradada pela mineração de xisto betuminoso. **IPEF**, v. 37, p. 21-29.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V., 2000, Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilidade florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 287 – 308.
- REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C., 1999, Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL. Piracicaba. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. ESALQ/USP.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M., 1998, A floresta e a água. 1. ed. Porto Alegre: Pallotti, 70 p.
- SCHUMACHER, M. V. VIERA, M.; PISSININ, L. Z. ; WITSCHORECK, R., 2007, **Devolução de serapilheira e nutrientes em área de segunda rotação com *Pinus taeda* L.** Santa Maria, RS: UFSM/FATECIENS, Departamento de Ciências Florestais, 27p. (Relatório Técnico).
- SOAVE, R. C. F.; PAGANO, S. N., 1994, Aspectos da ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* aplicando-se a diferentes técnicas de extração de resina. I – Produção de serapilheira. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 37, n. 3, p. 703-709.
- TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J., 1995, **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 174p. (Boletim técnico, 5).
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V., 2010(a), Variação mensal da deposição de serapilheira em povoamento de *pinus taeda* l. Em área de campo nativo em Camará do Sul-RS. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.34, n.3, p.487-494.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V., 2010.(b), Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore** (Impresso), v. 34, p. 85-94.
- VOGEL, H. L. M., 2005, **Quantificação da biomassa e nutrientes em uma floresta estacional decidual em Itaara-RS, Brasil**. 94 f. Tese (Doutorado em Silvicultura) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B., 1996, Deposição de serapilheira e nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Ponta Grossa, PR. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 39, n. 2, p. 435-442.

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS QUE PERMITEN A *CABRALEA CANJERANA* MART. TOLERAR LOS CAMBIOS SÚBITOS EN LA DISPONIBILIDAD DE LUZ**

**PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS THAT ALLOW *CABRALEA CANJERANA* MART. PLANTS TO TOLERATE SUDDEN CHANGES IN LIGHT AVAILABILITY**

**Moretti, Ana Paula<sup>1,3</sup>; M.A. Pinazo<sup>2,4</sup>, C. Graciano<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Fisiología Vegetal (CONICET- Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata), Diag. 113 n° 495, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup> INTA EEA Montecarlo, Av. El Libertador n° 2472, 3384 Montecarlo Misiones, Argentina. <sup>3</sup> Becaria CONICET, Ing. Ftal., anapaula-moretti7@gmail.com <sup>4</sup> Investigador INTA, Ing. Ftal (MsC), mpinazo@montecarlo.inta.gov.ar <sup>5</sup> Investigadora CONICET, Ing. Ftal. (Dra), corinagraciano@agro.unlp.edu.ar

**Resumen**

La etapa de regeneración de los bosques es una de las más importantes en el manejo de los mismos, así como la plasticidad que presenten las especies para aclimatarse a diferentes ambientes y condiciones cambiantes de luz. *Cabralea canjerana* Mart. (cancharana) tiene la capacidad de aclimatarse a los ambientes con disponibilidad de luz contrastante (sol pleno y canopeo denso) realizando modificaciones morfológicas y fisiológicas en el mediano plazo. El objetivo fue conocer la capacidad de respuesta de cancharana a cambios súbitos de cobertura, esto es, el pasaje de condición de sombra a luz plena, que simula la apertura de un claro en el bosque. Este cambio abrupto en la disponibilidad de luz no afectó la supervivencia de las plantas, aunque generó estrés hídrico y lumínico leve en las plantas aclimatadas a la sombra que fueron expuestas a luz plena. Ninguno de estos estreses repercutió negativamente en el crecimiento de las plantas.

**Palabras clave:** regeneración, estrés hídrico, estrés lumínico, crecimiento

**Summary**

Regeneration is one of the most relevant processes to manage native forests. In this stage of the forest dynamic, the acclimation of the species to changes in light environments is very important to ensure plant survivor and growth. *Cabralea canjerana* (cancharana) can acclimatate to contrasting light environments (sun in open areas and shade below a dense canopy) by modifying its morphology and physiology. The aim of this work was to evaluate the response of cancharana plants that were shade acclimated to sudden changes in light environment, i.e. simulating a gap opening in the forest. All the plants survived to the sudden change in light, but slight water and light stress was observed. Nevertheless, any of these stresses affected negatively growth.

**Keywords:** regeneration, water stress, light stress, growth

## Introducción

La regeneración es un paso fundamental en el manejo del bosque nativo. El éxito del establecimiento de individuos en un bosque multispecífico y multietáneo depende de que los individuos jóvenes puedan sobrevivir y crecer en las condiciones ambientales a las que están expuestos, como así también tolerar cambios en el ambiente, derivados de la apertura de claros (Farnsworth, 2008). La tolerancia a cambios en el ambiente lumínico se relaciona con los mecanismos de los que dispone esa especie para aclimatarse a las diferentes disponibilidades de luz y evitar el estrés lumínico. Es importante tener en cuenta también la capacidad que tenga de mantener un buen estado hídrico (Schall *et al.*, 2012) porque las condiciones de luz plena se asocian con alta demanda evapotranspirativa, de manera que la mortandad o baja tasa de crecimiento en situación de apertura de claro o plantación a luz plena puede deberse al estrés hídrico. Dicho estrés puede estar provocado por un bajo contenido de agua del suelo o porque la planta no logra abastecer de agua a las hojas y tejidos en crecimiento a la velocidad suficiente para compensar las pérdidas por transpiración (Rodríguez-Calcerrada *et al.*, 2008).

La especie elegida para trabajar, *Cabralea canjerana* Mart. (cancharana) es una especie de importancia económica de la Selva Paranaense, y por lo tanto está sometida a una fuerte presión de corta (Pinazo *et al.*, 2009). Es frecuente observar grupos de regeneración bajo el dosel de bosque nativo y de plantaciones, y es poco frecuente observar plantas jóvenes a sol pleno.

Previamente hemos observado que *Cabralea canjerana* tiene la capacidad de aclimatarse a los ambientes con disponibilidad de luz contrastante (sol pleno y bajo canopy denso) realizando modificaciones morfológicas y fisiológicas en el mediano plazo. Las plantas que crecen a pleno sol son más bajas y poseen tallos de mayor diámetro, hojas pequeñas y mayor tamaño del sistema radical. Las hojas son más gruesas y contienen menos clorofila, pero la capacidad fotosintética es similar a la de las plantas que crecen bajo el canopy. Las plantas debajo del canopy tienen apertura estomática pareja durante las horas del día, mientras que las plantas expuestas al sol cierran los estomas parcialmente al mediodía, mientras que los abren más a la mañana y a la tarde. El cierre estomático parcial al mediodía puede deberse a que las plantas de sol sufren estrés hídrico en las horas de mayor radiación y temperatura, estrés que se refleja en el potencial hídrico de las hojas que disminuye al mediodía. Las plantas expuestas al sol también sufren daño en el sistema fotosintético, que no se recupera en las horas de la noche. Sin embargo, ni el estrés hídrico ni el lumínico reducen el crecimiento durante el verano, porque tanto las plantas que crecieron al sol como bajo el canopy tuvieron el mismo peso seco final (Moretti *et al.*, 2013). Estos cambios fisiológicos y morfológicos observados indican que cancharana puede crecer en los dos ambientes lumínicos, porque se aclimata a cada situación. Sin embargo, la tolerancia a un cambio abrupto en la disponibilidad de luz requiere que los mecanismos de tolerancia se manifiesten en el corto plazo. Un indicio de que las plantas aclimatadas a la sombra pueden tolerar un incremento repentino de la cantidad de luz está dado por que las plantas aclimatadas a baja irradiancia tienen la capacidad de utilizar alta intensidad de luz (Moretti *et al.*, 2013), por lo tanto posiblemente no sufran daño lumínico severo ante un cambio abrupto de la cobertura. Sin embargo, como la mayor radiación posiblemente se acompañe con mayor demanda evapotranspirativa, es posible que las plantas sufran estrés hídrico hasta que logren modificar su morfología y fisiología al nuevo ambiente.

El objetivo de este trabajo es conocer la capacidad de respuesta de plantas jóvenes de cancharana (*Cabralea canjerana* Mart) a cambios súbitos de cobertura, esto es, el pasaje de condición de sombra a luz plena, que simula la apertura de un claro en el bosque.

## Material y métodos

Se utilizaron plantas de *Cabralea canjerana* de 3 meses de edad producidas en el vivero del campo Anexo San Antonio, perteneciente al Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA) de la Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo. En el momento de iniciar el experimento (octubre de 2012), las plantas estaban en contenedores de 1 litro y fueron transplantadas a macetas de 7 litro rellenas con una mezcla de tierra colorada y compost de corteza de pino (1:1), y se colocaron en dos condiciones contrastantes: 1) 34 plantas se colocaron a pleno sol (S); 2) 68 plantas se ubicaron debajo de cobertura de bosque nativo (C). En mayo 2013 se realizaron mediciones para describir la morfología y fisiología de las plantas aclimatadas al sol (S) y a la sombra (C) (Moretti *et al.*, 2013). En septiembre de 2013 la mitad de las plantas que estaban bajo dosel (C) se movieron a sol pleno, incorporándose un nuevo tratamiento (M). En el momento del cambio (septiembre) se midió la altura total, diámetro del cuello y área foliar específica (AFE) de la hoja superior completamente expandida de los 2 tratamientos (C y M). La concentración de clorofila (mg de clorofila/cm<sup>2</sup> o mg de clorofila/g), se obtuvo a partir de la extracción con dimetilformamida (Inskeep & Bloom, 1985). Se midió el potencial hídrico ( $\Psi$ ) al mediodía (con cámara de Scholander, BioControl) y la conductancia estomática (gs) (porómetro Decagon) y la tasa de transportes de electrones al nivel del fotosistema 2 (ETR) y el rendimiento cuántico intrínseco del fotosistema 2 ( $\phi$ ) (medidor de la fluorescencia modulada de la clorofila FMS2, Hansatech) a las 9, 12, 14 y 16:30 horas. A las 17 horas se midió Fv/Fm, luego de 30 minutos de aclimatación de las hojas a la oscuridad. Se muestrearon 5 plantas por tratamiento y se determinó el área foliar y el peso seco de cada compartimento. Estos mismos parámetros se volvieron a medir 2 meses después (noviembre). Para conocer la tasa de crecimiento diario, se consideraron 2 periodos de medición: invierno (mayo-septiembre) y primavera (septiembre-noviembre).

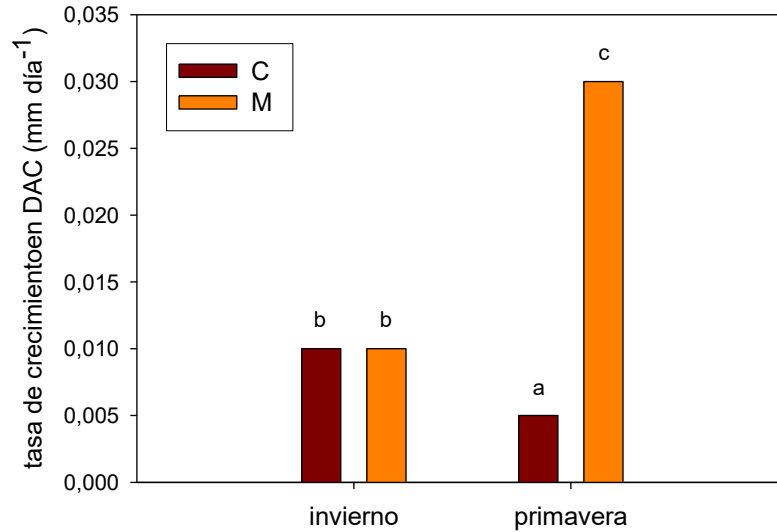
Los resultados de crecimiento se analizaron mediante Análisis de la Varianza (ANOVA), utilizando la condición lumínica de crecimiento (M y C) y el periodo de crecimiento (invierno y primavera) como factores. El peso seco se analizó considerando C y M como factores. El AFE, clorofila,  $\Psi$ , Fv/Fm se analizaron considerando factores a la condición lumínica y la fecha de muestreo (septiembre y noviembre). ETR,  $\phi$  y gs se analizaron considerando factores a la condición lumínica y la hora del día. Las diferencias se consideraron significativas si  $P < 0,05$  y las medias se compararon por el test de Duncan ( $p < 0,05$ )

## Resultados y discusión

Las plantas S sufrieron severos daños por frío durante el invierno, visualizado como defoliación y muerte de los tallos. En el mes de noviembre, el 68% de las plantas S habían sobrevivido, pero poseían sólo hojas en expansión, generadas en brotes nuevos. Por este motivo, estas plantas no se consideran en el resto de las mediciones. La totalidad de las plantas C sobrevivieron el invierno. No se registró mortalidad de plantas C ni M hasta noviembre.

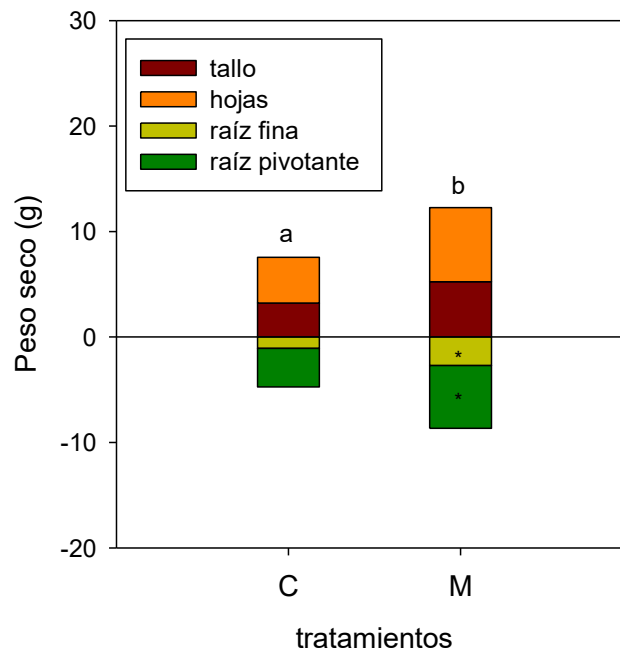
El crecimiento de las plantas durante el invierno fue similar en plantas C y M, ya que como el cambio de las plantas de canopeo se realizó en septiembre, no se esperaba un cambio en crecimiento. Sin embargo en el periodo septiembre-noviembre (primavera) las plantas M tuvieron una tasa de crecimiento mayor que las C (**Figura 1**). Consistentemente, el peso seco total acumulado en las plantas M fue mayor que en las plantas C (**Figura 2**).

Esto refleja que las plantas aclimatadas a la sombra no presentaron daño por exceso de luz al ser expuestas a luz plena, posiblemente porque poseen la capacidad de realizar fotosíntesis a alta irradiancia (Moretti *et al.*, 2013). De esta manera, pudieron utilizar la mayor cantidad de luz incidente en realizar la fotosíntesis, y consecuentemente crecieron más.



**Figura 1:** Tasa de crecimiento (mm día<sup>-1</sup>) en DAC (diámetro a la altura del cuello) de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra que en septiembre fueron expuestas a condiciones de luz plena (M) en comparación con plantas que continuaron bajo canopeo (C), en dos periodos de tiempo: invierno (mayo-septiembre) y primavera (septiembre-noviembre).

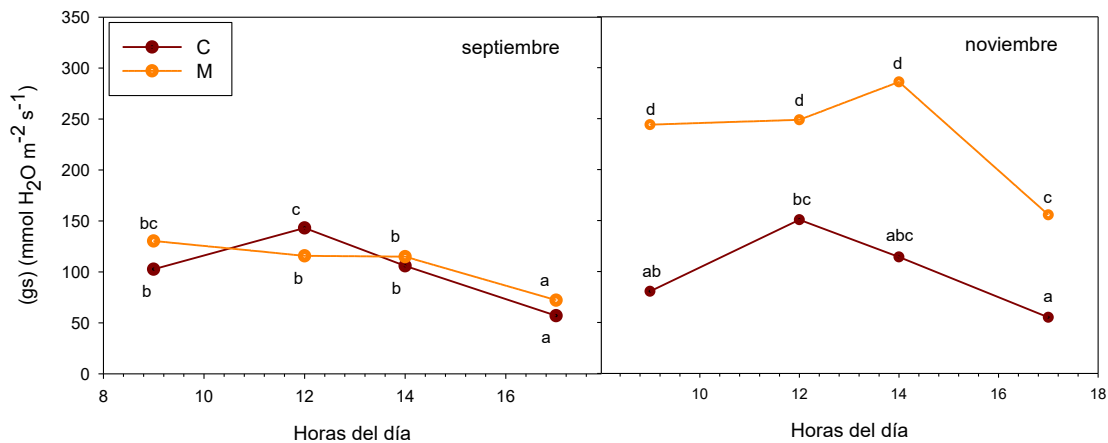
**Figure 1:** Collar diameter (DAC) growth rate (mm day<sup>-1</sup>) in shade cancharana plants that in September were moved to sun (M) or kept under the canopy (C), in winter (May-September) and spring (September-November).



**Figura 2:** Peso seco de cada compartimento y total (g) de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra luego de 2 meses de exponerlas a condiciones de luz plena (M) en comparación con plantas que continuaron bajo dosel (C). El asterisco indica los compartimentos en que hay diferencias significativas entre C y M.

**Figure 2:** Total dry mass (g) and partitioning in shade cancharana plants 2 months after they were moved to sun (M) or kept under the canopy (C). The asterisk show the organs in which the difference between C and M is significant.

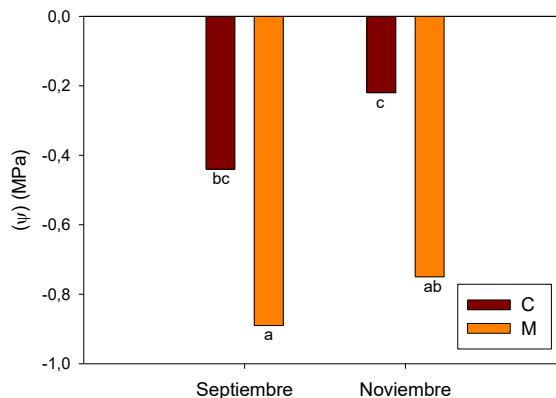
Las plantas M fueron capaces de aprovechar la alta irradiancia e incrementar su crecimiento. Al igual que las plantas que crecen a luz plena (S), las plantas M poseen mayor crecimiento del sistema radical (**Figura 2**), posiblemente para compensar con mayor exploración del suelo la mayor pérdida de agua por transpiración. Apenas realizado el cambio lumínico, las plantas M tienen igual conductancia estomática (gs) que las C durante la mañana y la tarde, pero cierran parcialmente los estomas al mediodía (**Figura 3**), posiblemente por la caída del potencial hídrico de la hoja en ese horario (**Figura 4**). Sin embargo, dos meses después, las plantas M tuvieron mayor gs que las C a lo largo del día (**Figura 3**). El aumento en gs en plantas M aumenta la transpiración, y consecuentemente el potencial hídrico ( $\Psi$ ) disminuyó (**Figura 4**), reflejando que las hojas se deshidrataron parcialmente.



Fi

**Figura 3:** Conductancia estomática (gs) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) a lo largo del día en septiembre (apenas realizado el cambio de luz) y en noviembre de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra que en septiembre fueron expuestas a luz plena (M), en comparación con plantas que continuaron bajo canopy (C).

**Figure 3:** Stomatal conductance (gs) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) along the day in shade cancharana plants that were moved to sun (M) or kept under the canopy (C) in September, just before the change was done, and two months later (November).

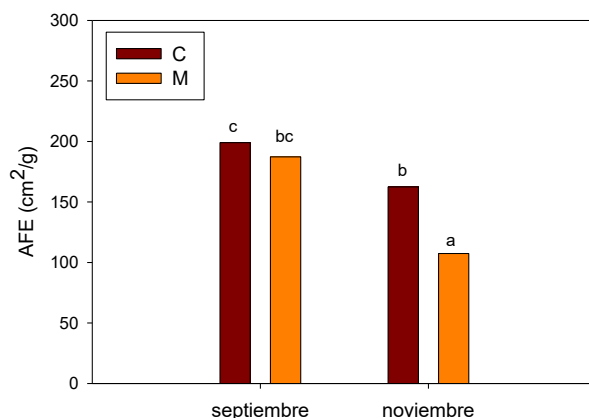


**Figura 4:** Potencial hídrico de las hojas ( $\psi$ ) (MPa) de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra que en septiembre fueron expuestas a luz plena (M), en comparación con plantas que continuaron bajo canopy (C).

**Figure 4:** Leaf water potential ( $\psi$ ) (MPa) in shade cancharana plants that were moved to sun (M) or kept under the canopy (C) in September, just before the change was done, and two months later (November).

Esta disminución en el potencial hídrico de las hojas refleja que el abastecimiento de agua hacia las hojas no se puede realizar a la velocidad necesaria para compensar las pérdidas por transpiración, posiblemente porque en este lapso las plantas no pudieron modificar la capacidad total de conducir agua, tal como se observó en las plantas que crecieron largo período al sol pleno (Moretti *et al.*, 2013). Sin embargo, la caída de  $\Psi$  es similar en noviembre que en septiembre, aún con mayor transpiración, reflejando que la estructura de la planta se modificó para aumentar la capacidad de transportar agua hacia las hojas. Por lo tanto, el cambio abrupto en la disponibilidad de luz generó en las plantas un leve estrés hídrico que desencadenó modificaciones anatómicas y fisiológicas para disminuir dicho estrés. Este hecho no es sorprendente, ya que ambos estreses suelen darse en simultáneo (Valladares *et al.*, 2005) y la especie tiene la capacidad de aclimatarse a ambas situaciones lumínicas.

Las plantas M realizaron varias modificaciones morfológicas y fisiológicas los dos meses posteriores al cambio en la disponibilidad de luz. En noviembre se registró un aumento en el grosor de las hojas, reflejado en menor AFE, en ambos tratamientos, en comparación con septiembre (Figura 5). Este cambio puede deberse a los cambios estacionales en la radiación incidente, que es menor durante el invierno y mayor hacia fines de la primavera. Por otro lado, en noviembre las plantas M poseen hojas más gruesas que las plantas C (Figura 5). Las plantas que crecen con baja irradiancia poseen hojas más delgadas y de mayor tamaño, para maximizar la intercepción de luz (Valladares & Niinemets, 2008).



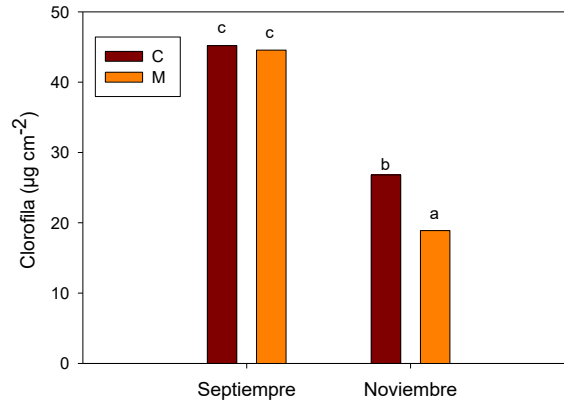
**Figura 5:** Área foliar específica (AFE) (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra, creciendo en 2 condiciones de luz; bajo dosel (C) y luz plena (M), en el momento del cambio de disponibilidad de luz (septiembre) y 2 meses después del cambio (noviembre).

**Figure 5:** Leaf specific area (AFE) (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) in shade cancharana plants that were moved to sun (M) or kept under the canopy (C) in September, just before the change was done, and two months later (November).

Otra aclimatación que se observó durante este periodo es una reducción en la concentración de clorofila total (Figura 6), que fue más marcada en las plantas M. La reducción de este pigmento es esperable en plantas aclimatadas a la sombra que son expuestas a luz plena, ya que al haber mayor intensidad de luz, con menor concentración de este pigmento se pueden interceptar los fotones necesarios para realizar la fotosíntesis, como lo

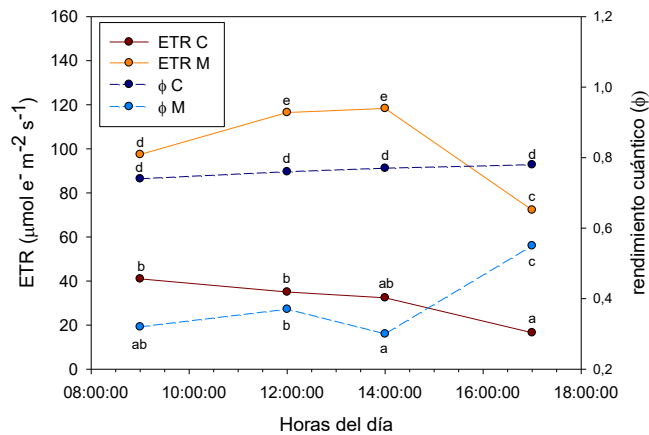
refleja el ETR registrado (**Figura 7**). Las plantas M realizaron mayor transporte de electrones a nivel del fotosistema 2, por lo que presuntamente fijaron más dióxido de carbono.

Sin embargo, las plantas M fueron menos eficientes que las plantas C en utilizar la luz, tal como lo refleja el menor rendimiento cuántico ( $\phi$ ) de las plantas M (**Figura 7**), mientras que las plantas C tuvieron un  $\phi$  cercano al máximo durante todo el día.



**Figura 6:** Concentración de clorofila total ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra que en septiembre fueron expuestas a luz plena (M), en comparación con plantas que continuaron bajo canopeo (C).

**Figure 6:** Chlorophyll concentration ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) in shade cancharana plants that were moved to sun (M) or kept under the canopy (C) in September, just before the change was done, and two months later (November).



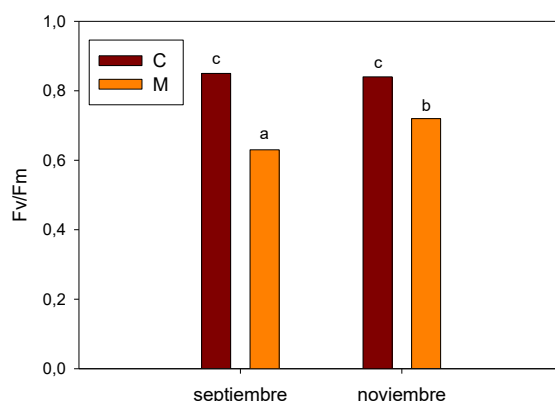
**Figura 7:** Rendimiento cuántico intrínseco del fotosistema 2 ( $\phi$ ) y tasa de transporte de electrones (ETR) ( $\mu\text{mol e}^{-} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) a lo largo del día en noviembre de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra que en septiembre fueron expuestas a luz plena (M), en comparación con plantas que continuaron bajo canopeo (C).

**Figure 7:** Intrinsic photosystem 2 quantum yield ( $\phi$ ) and electron transport rate (ETR) ( $\mu\text{mol e}^{-} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) along the day 2 months after shade cancharana plants were moved to sun (M) or kept under the canopy (C).

La reducción en  $\phi$  refleja que la planta no puede canalizar cantidades elevadas de fotones. Sin embargo, ni siquiera cuando la hoja deja de recibir luz se recupera, tal como lo refleja el menor Fv/Fm de las plantas M en comparación con las C (**Figura 8**). Por lo tanto la disponibilidad de luz a sol pleno produce un daño permanente en el sistema fotosintético,



que se registra desde los primeros días del cambio lumínico, y no se recupera totalmente 2 meses después.



**Figura 8:** Rendimiento cuántico máximo del fotosistema 2 (Fv/Fm) de plantas de cancharana aclimatadas a la sombra que en septiembre fueron expuestas a luz plena (M), en comparación con plantas que continuaron bajo canopeo (C).

**Figure 8:** Maximum photosystem 2 quantum yield (Fv/Fm) in shade cancharana plants that were moved to sun (M) or kept under the canopy (C) in September, just before the change was done, and two months later (November).

## Conclusiones

Las plantas de cancharana expuestas a sol pleno sufren severos daños por frío durante el invierno, aunque el 68% de las plantas sobreviven, con marcado retraso en el crecimiento.

El cambio abrupto en la disponibilidad de luz no afecta la supervivencia de las plantas, que realizan modificaciones morfológicas y fisiológicas en 2 meses para aclimatarse al nuevo ambiente.

Las plantas sometidas a un cambio abrupto de luz sufren estrés hídrico leve, reflejado en cierre estomático, caída del potencial hídrico y mayor inversión de materia seca en raíces. También el sol pleno genera un leve estrés por exceso de luz, reflejado en disminución en la concentración de clorofila, aumento del área foliar específica, menor rendimiento cuántico y daño del fotosistema 2. Ninguno de estos estreses repercute negativamente en el crecimiento durante la primavera.

Los resultados indican que las plantas de un año de edad de cancharana pueden tolerar la apertura de un claro en el bosque, y que su crecimiento, al menos durante los 2 primeros meses, será mayor al que se registraría si continuaran bajo dosel.

## Agradecimiento

Este proyecto es financiado por el PIA 12010 (UCAR- MAGyP).

## Bibliografía

- Farnsworth, E.J.** 2008. Physiological and morphological changes during early seedling growth: roles of phytohormones. En: Seedling ecology and evaluation, Leck, M.A., V.T. Parker & R.L. Simpson (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 130-149.
- Inskeep, W.P. & P.R. Bloom.** 1985. Extinction Coefficients of Chlorophyll a and b in N,N-Dimethylformamide and 80% Acetone. *Plant Physiol.* 77(2):483-485.
- Moretti, A.P., M.A. Pinazo & C. Graciano.** 2013. Capacidad de crecimiento y aclimatación de plantas jóvenes de una especie nativa de alto valor maderero (Cabralea canjerana, cancharana) a diferentes condiciones de cobertura de dosel. En 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, AFoA (ed.), Puerto Iguazú, Argentina P. [http://www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones\\_orales/123.pdf](http://www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones_orales/123.pdf).
- Pinazo, M.A., F.A. Moscovich, C. Dummel & O.E. Knebel.** 2009. Patrón espacial de la regeneración de dos especies leñosas en un sector aprovechado de la Selva Paranaense. *Ecología Austral* 19:139-148.
- Rodríguez-Calcerrada, J., J.A. Pardos, L. Gil & I. Aranda.** 2008. Ability to avoid water stress in seedlings of two oak species is lower in a dense forest understory than in a medium canopy gap. *Forest Ecology and Management* 255(3-4):421-430.
- Schall, P., C. Lödige, M. Beck & C. Ammer.** 2012. Biomass allocation to roots and shoots is more sensitive to shade and drought in European beech than in Norway spruce seedlings. *Forest Ecology and Management* 266(0):246-253.
- Valladares, F., I. Dobarro, D. Sánchez-Gómez & R.W. Pearcy.** 2005. Photoinhibition and drought in Mediterranean woody saplings: scaling effects and interactions in sun and shade phenotypes. en *Journal of Experimental Botany*. Society for Experimental Botany pp. 483-494.
- Valladares, F. & Á. Niinemets.** 2008. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39(1):237-257.

**ESTIMACIÓN DE VARIABLES ESTRUCTURALES EN PLANTACIONES DE PINOS MEDIANTE ÍNDICES POLARIMÉTRICOS COSMOSKYMED**

**STRUCTURAL VARIABLES ESTIMATION IN PINE PLANTACION USING COSMOSKYMED POLARIMETRIC RATIOS**

**Presutti Miriam<sup>1</sup>; Arturi M.<sup>1</sup>; Goya J.<sup>1</sup>; Burns S.<sup>1</sup>, Pinazo M.<sup>2</sup>, Ritter L.<sup>1</sup>; Azcona M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata. Diag. 113 esq 61 Piso 2. 1900. La Plata, BsAs, Argentina. +5402214236758 int 462. Email: presutti@agro.unlp.edu.ar

<sup>2</sup>INTA EEA Montecarlo, Misiones

**Resumen**

Los datos satelitales son de gran utilidad en aplicaciones forestales. La cobertura nubosa afecta la adquisición de imágenes ópticas, pero no a los radares. Aunque la banda X no posee un gran poder de penetración en la vegetación, ameritan su evaluación. En este trabajo se evalúa la relación entre la retrodispersión medidas en imágenes CosmoSkyMed y variables estructurales en plantaciones de *Pinus taeda L.* en Misiones mediante modelos de regresión múltiple. El área basal fue la variable estructural donde se observó mejor ajuste del modelo ( $r^2=0,82$ ) seguida por el diámetro cuadrático medio ( $r^2=0,59$ ). No se halló un ajuste significativo utilizando la densidad del rodal. Los modelos ajustados son de carácter exploratorio dado las escasas observaciones de campo pero indican buenas posibilidades para predecir el área basal. El agregado de la edad como variable predictora podría mejorar el ajuste de los modelos pero con los datos disponibles no se justifica incluirlos.

**Palabras clave:** Radar, banda X, alta resolución

**Summary**

Optical and radar satellite data are very useful in forest application. Cloud cover affects the acquisition of optical data, but not affects the radar. Despite X-band do not enable deep penetration into vegetation, it deserves the evaluation. In this work, the relationship between the backscatter of CosmoSkyMed data and structural variables in *Pinus taeda L.* plantations, in Misiones, were evaluated by multiple regression models. Basal area exhibited the best fit for models ( $r^2=0,82$ ) followed by quadratic mean diameter ( $r^2=0,59$ ). No significant fit was found for stand density. Due to scarce field observations the models must be taken as exploratory but seems to be suitable for basal area estimation. The introduction of the stand age as a predictor could increase the models fit but with the small analyzed data set it does not seem to be necessary to include it.

**Key words:** Radar, X band, high resolution

## Introducción

Actualmente, los datos adquiridos por satélites ópticos y radar (SAR) son de gran utilidad en estudios de las coberturas terrestres, tanto en escalas regionales como globales.

Los análisis de atributos ecológicos basados en datos multi-temporales son esenciales para entender la dinámica de un ecosistema y permitir detectar cambios en la vegetación. La habilidad de la teledetección unida a un número cada vez mayor de datos georreferenciados ha dado la oportunidad de modelar y monitorear la distribución geográfica y la riqueza de especies (Cord et al., 2009). En algunas regiones, la cobertura nubosa reduce la resolución temporal de los sistemas ópticos, por lo cual los sistemas radar brindan mejores posibilidades, dada su capacidad de atravesar las nubes.

El uso de imágenes SAR en la construcción de mapas de estructura de forestaciones es complementario a aquellas obtenidas a partir de datos ópticos (Dobson y Craig, 2000) y la combinación de ambos tipos de datos mejoran los resultados obtenidos separadamente (Presutti et al., 2001), también la combinación de imágenes radar multi-frecuencia/multipolarización mejora la discriminación de clases en las clasificaciones (Licciardi et al, 2012).

La constelación italiana COSMO SkyMed (CSK, *Constellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation*) consta de cuatro satélites, lanzados entre 2007 y 2010. Estos satélites forman parte del Sistema Italo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE) basada en dos constelaciones de satélites, una formada por los cuatro CSK que operan en banda X (3.1 cm de longitud de onda) y por dos SAOCOM argentinos, actualmente en desarrollo que operarán en banda L (23 cm de longitud de onda). La resolución espacial del CSK está determinada por el modo de adquisición de las imágenes, variando desde 1 a 100 m y el ancho de cada imagen varía entre 10 y 200 km. Entre los cuatro satélites de la constelación brindan una resolución temporal de 10 h, esto es una adquisición en tiempo casi real. Además, puede adquirir imágenes en ángulos de incidencia que van desde 20° a 59°

En Teledetección, los parámetros forestales estructurales pueden ser considerados a dos niveles: (i) a nivel de árbol, donde la arquitectura de la copa cobra especial importancia y (ii) a nivel de rodal, donde la heterogeneidad espacial de la distribución de los árboles dentro del mismo es un factor importante. Ambos niveles no son independientes, en una plantación de igual edad la heterogeneidad espacial influye el proceso de crecimiento y la estructura del árbol, como la densidad de ramas, tamaño, orientación que están fuertemente involucradas en el mecanismo de retrodispersión de la señal de radar (Castel et al., 2002)

Diversos estudios experimentales han demostrado la relación entre la biomasa aérea de árboles forestales y la retrodispersión SAR (Dobson et al., 1992 y 1995; Le Toan et al., 1992; Kasischke et al., 1994 y 1995). Estas investigaciones han encontrado fuertes correlaciones positivas entre la biomasa y la retrodispersión y han determinado además que la retrodispersión se incrementa linealmente con aumentos de la biomasa hasta alcanzar un nivel de saturación, que es alto en bajas frecuencias (bandas L y P). Este relativo éxito de las longitudes de onda más largas se debe al hecho que las más cortas son esencialmente retrodispersadas en las hojas y ramitas de los árboles. Si bien la banda X tiene bajo grado de penetración en la vegetación, algunos resultados indican que poseen un gran potencial en aplicaciones forestales, sobre todo en regiones que poseen una gran cobertura nubosa, aunque se requieren más investigaciones para clarificar ese potencial (Kuntz et al, 2012).

En este sentido, en este trabajo se evalúa el potencial de las imágenes SAR de alta frecuencia CSK en el análisis de plantaciones comerciales de pino.

El objetivo de este trabajo es modelar la relación existente entre las variables estructurales de plantaciones comerciales de diferentes edades y densidades de *Pinus taeda* L. y la retrodispersión de la señal de radar en banda X con múltiples polarizaciones y los índices co y cross polarimétricos derivados de ellas.

### Materiales y métodos

El área de estudio se localizó en el Departamento de Iguazú, Provincia de Misiones. Las imágenes utilizadas en este trabajo son CSK Duales (dos modos de polarización), con una resolución espacial de 15 m, el modo de adquisición es Ping Pong/Stripmap (PP) con un ancho de barrido de 30 km. El nivel de procesamiento es Nivel 1 B, DGM (Detected, Ground project, Multilooked). Los datos SAR disponibles se detallan en la **tabla 1**.

**Tabla 1: Datos Cosmo SkyMed disponibles**

**Table 1: Available Cosmo SkyMed data**

Modo	Nivel Procesamiento	Fecha	Polarizaciones	Angulo Incidencia	Orbita
PP	DGM	16/03/12	HH/HV	40°	Desc
PP	DGM	08/03/10	VV/VH	40°	Desc
PP	DGM	22/07/12	VV/VH	40°	Desc

Las imágenes CSK nivel de procesamiento 1B fueron calibradas utilizando el programa de uso gratuito NEST 4C, convirtiendo las imágenes de Amplitud a coeficiente de dispersión ( $\sigma^\circ$ ), que es una magnitud física que contiene las propiedades del blanco. Las imágenes calibradas, fueron filtradas y re proyectadas con el fin de superponerlas con los datos medidos en las parcelas. Estas imágenes fueron exportadas a formato TIFF para leerla con el programa ERDAS Imagine, con el cual se realizó el análisis cuantitativo. Finalmente, en ERDAS se generó un archivo con seis bandas de distintas polarizaciones y tres fechas distintas (**tabla 2**) a partir de las cuales se generaron los índices co-polarimétricos: HH/VV y VV/HH y los índices cross-polarimétricos VV/HV y HH/HV.

**Tabla 2: Polarizaciones y fechas de adquisición de los datos CSK**

**Table 2: Polarization and acquisition dates of CSK data**

Banda	Fecha	Polarización
1	08/03/12	VV
2		VH
3	16/03/12	HH
4		HV
5	22/07/12	VV
6		VH

### Muestreo de plantaciones de Pino

Se seleccionaron 9 rodales de *Pinus taeda* de diferentes edades y densidades (**figura 1**). En cada rodal se establecieron cuatro parcelas de 300 m<sup>2</sup> distribuidas sistemáticamente con un espaciamiento mínimo de 20 m. Este grupo de parcelas fue tomado como una unidad de muestreo de 1200 m<sup>2</sup>. En cada parcela se registró el número de individuos y DAP (diámetro del tronco a 1,3 m de altura) de los pinos para caracterizar la estructura de la plantación. A partir de esas mediciones se estimó el diámetro cuadrático medio (cm) (DCM), área basal (m<sup>2</sup>/ha) (AB) y densidad (ind./ha) (DENS) del rodal.



**Figura 1:** Ubicación de las parcelas e imagen CSK RGB.: VV, HH, VH

**Figure 1:** Plot location and CSK image RGB: VV, HH, VH

### Análisis Cuantitativos

Para cada parcela se generó un polígono, que al superponerlo con las imágenes permiten extraer el valor de la media, es decir el promedio del coeficiente de retrodispersión de blancos distribuidos. Finalmente, ese valor medio se convirtió a decibeles (dB), de acuerdo a la ecuación 1.

$$\sigma^{\circ} dB = 10 \log_{10} \sigma^{\circ} \quad (1)$$

### Análisis estadísticos

Se calcularon modelos de regresión lineal múltiple (Faraway, 2006) utilizando las variables estructurales de la plantación (área basal, diámetro cuadrático medio y densidad) como variables dependientes y los valores de la imagen (bandas lineales e índices polarimétricos) como independientes. Se llevó a cabo un proceso manual de selección de variables sobre la base de los valores de “t” en los coeficientes de regresión de cada una. Se introdujo la Edad del rodal como variable independiente con la finalidad de evaluar si esa información permitía mejorar el ajuste de los modelos.

Debido a que todos estos análisis se llevaron a cabo con solo 9 observaciones de campo los resultados derivados de los mismos deben tomarse con carácter exploratorio.

## Resultados y discusión

### Índices polarimétricos vs variables forestales

Se calcularon los índices co-polarimétricos  $\sigma^{\circ} HH / \sigma^{\circ} VV$  y  $\sigma^{\circ} VV / \sigma^{\circ} HH$  y los índices cross-polarimétricos  $\sigma^{\circ} VV / \sigma^{\circ} HV$  y  $\sigma^{\circ} HH / \sigma^{\circ} HV$  a partir de las imágenes duales CSK. Se calcularon en  $\sigma^{\circ}$  y el resultado fue convertido a dB.

Cuando el índice co-pol es cercano a 1 dB (**tabla 3**) las respuestas en HH son muy similares a la VV, lo cual indica que el mecanismo de dispersión dominante es por volumen, con dispersores orientados aleatoriamente (fundamentalmente hojas). En cambio para los índices cros-pol, valores altos indican dispersión por superficie o bien doble rebote tronco-suelo, mientras que valores más bajos indican dispersión por volumen. El valor más bajo en el índice  $\sigma^{\circ} VV / \sigma^{\circ} HV$  fue de 3.9dB correspondiendo a una plantación de 12 años que fue el rodal con menor densidad (350 ind/ha). El mayor valor es de 6.5 dB, siendo esta parcela la de menor Área Basal (15 m<sup>2</sup>/ha).

Una diferencia de 2.6 dB producida por la despolarización, tanto de V como H originada por múltiple dispersión entre los componentes de los árboles. En cambio, es de esperar que la dispersión de superficie o doble rebote no despolarice la onda incidente.

*El área basal fue la variable estructural para la que se observó mejor ajuste del modelo basado en los valores de los índices co (VV/HH) y cross polarimétricos (VV/HV) seguido por el diámetro cuadrático medio basado solo en el índice co pol (HH/VV). No se halló un ajuste significativo entre la densidad del rodal y los valores de los índices. Al incorporar la edad de la plantación como variable predictora el modelo de área basal aumentó levemente el ajuste del modelo pero la edad no resulto en un efecto significativo (tabla 4). El valor promedio de la diferencia en valor absoluto de los valores predichos y los observados fue de 1,2 m<sup>2</sup>/ha tanto para el modelo que incorpora la edad como para el que no la incluye. En la distribución de los residuos en el gráfico de valores observados sobre los predichos no se observaron alejamientos de la tendencia lineal ni heterogeneidad de la varianza residual (figura 2). En el modelo del diámetro cuadrático medio no se observó un efecto significativo de la edad prevaleciendo la información proveniente de la imagen como mejor predictor de esta variable estructural.*

**Tabla 3:** Promedios del coeficiente de retrodispersión para bandas lineales e índices co/cross polarimétricos (Expresados en dB) y de las variables estructurales para cada rodal. DCM: diámetro cuadrático medio (cm), AB: área basal (m<sup>2</sup>/ha), DENS: densidad (ind./ha).

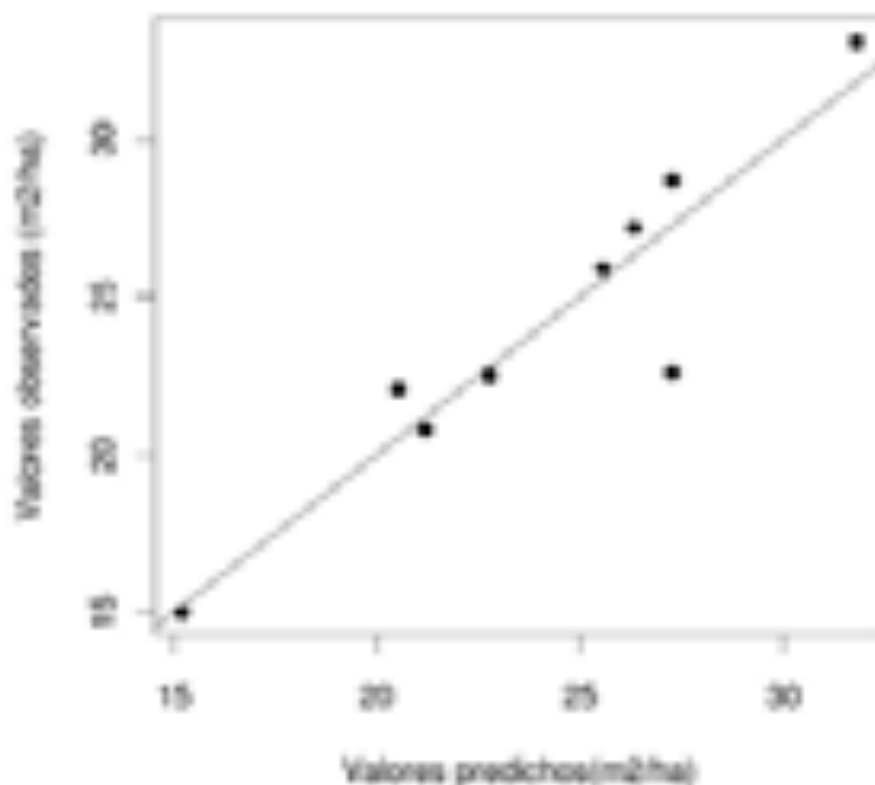
**Table 3:** Average backscattering coefficient for linear bands and co/cross polarimetric ratios (Expressed in dB) and structural variables per stand. DCM: quadratic mean diameter (cm), AB: basal area (m<sup>2</sup>/ha), DENS: density (trees/ha).

Rodal	EDAD	DCM	AB	DENS	Banda X Lineales				Índices Co Pol		Índices Cross Pol	
					HH	HV	VV	VH	HH/VV	VV/HH	VV/HV	HH/HV
1	30	25,8	28,7	550	-14,2	-20,5	-14,1	-20,0	-0,113	0,113	6,368	6,255
2	17	18,4	15,0	567	-14,7	-20,0	-13,5	-18,9	-1,217	1,217	6,532	5,315
3	14	29,4	25,9	383	-14,7	-20,0	-15,4	-20,5	0,691	-0,691	4,624	5,315
4	40	24,3	27,2	583	-12,9	-18,5	-13,5	-18,2	0,544	-0,544	5,071	5,614
5	10	23,2	22,5	533	-15,4	-20,5	-15,7	-21,0	0,310	-0,310	4,771	5,082
6	7	21,5	22,6	625	-15,1	-21,0	-15,5	-21,0	0,442	-0,442	5,441	5,883
7	8	22,8	22,1	542	-15,2	-20,0	-15,4	-19,6	0,147	-0,147	4,624	4,771
8	12	27,5	20,8	350	-15,5	-20,0	-16,0	-21,0	0,492	-0,492	3,979	4,472
9	36	31,5	33,1	425	-12,8	-19,2	-13,9	-18,9	1,032	-1,032	5,336	6,368

**Tabla 4:** Modelos ajustados para el área basal y el diámetro cuadrático medio en función de los índices polarimétricos y la edad del rodal. t: valor del estadístico, P: valor de probabilidad, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación.

**Table 4:** Basal area and quadratic mean diameter fitted models as function of polarimetric ratios and stand age. t: statistics value, P: value of probability, R<sup>2</sup>: coefficient of determination.

Variable dependiente	Parámetro	Estimación	t	P	R <sup>2</sup>
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Ordenada al origen	44,3	9,1	0,0001	0,82
	b1 (X-VV/HH)	-44,1	-6,2	0,0008	
	b2 (X-VV/HV)	6,5	1,6	0,0075	
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Ordenada al origen	40,9	9,5	0,0002	0,88
	b1 (X-VV/HH)	-35,7	-4,9	0,0042	
	b2 (X-VV/HV)	4,4	2,5	0,0525	
	b3 (Edad del rodal)	0,1	2,1	0,1014	
Diámetro cuadrático medio (cm)	Ordenada al origen	0,8	6,9	0,9127	0,59
	b (X-HH/VV)	22,5	6,4	0,0099	
Diámetro cuadrático medio (cm)	Ordenada al origen	0,9	7,1	0,8987	0,58
	b1 b (X-HH/VV)	21,1	6,7	0,3851	
	b2 (Edad del rodal)	0,1	0,1	0,0193	



**Figura 2:** Valores observados y predichos para el modelo del área basal sobre los valores de los índices polarimétricos. La línea indica la relación esperada para un modelo de ajuste perfecto con ordenada al origen 0 y pendiente 1.

**Figure 2:** Observed and predicted values for the model of basal area as a function of polarimetric ratio. The line shows the expected relation for a perfect fit with origin=0 and slope=1.



## Conclusiones

*Los modelos ajustados son de carácter preliminar debido al bajo número de observaciones de campo pero indican buenas posibilidades para predecir el área basal a partir de las imágenes utilizadas. El agregado de la edad como variable predictora podría introducir alguna mejora en el ajuste de los modelos pero con los datos disponibles no resulta justificada su inclusión. Con el agregado de un mayor número de datos de campo podrían probarse modelos más complejos para evaluar el ajuste con la densidad que no pudieron ajustarse en este caso.*

## Agradecimientos

A la CONAE (Comisión de Actividades Espaciales) por la provisión de las imágenes radar y financiamiento a través del Proyecto AO-SAOCOM N° 38. Este trabajo contó con el financiamiento del Proyecto Forestal de Desarrollo, Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación y de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de La Plata.

## Bibliografía

- Castel, T., Guerra ., Caraglio Y. , Houllier .. 2002. Retrieval biomass of a large Venezuelan pine plantation using JERS-1 SAR data. Analysis of forest structure impact on radar signature. Remote Sensing of Environment Volume 79 (1) 30-41
- Cord A., Colditz R., Schmidt M., Dech S. 2009. Species Distribution And Forest Type Mapping In Mexico, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009 Volume: 5, 260 – 263
- Dobson, M. C., Ulaby, F. T., Le Toan, T., Beaudoin, A., Kasischke, E. S., y Christensen, N. L. Jr. 1992. Dependence of radar backscatter on coniferous forest biomass. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 30, 412–415.
- Dobson M. C., F. T. Ulaby, L. E. Pierce, T. L. Sharik, K. M. Bergen, J. M. Kellndorfer, J. R. Kendra, E. Li, Y. C. Lin, A. Nashashibi, K. Sarabandi, and P. Siqueira, 1995. “Estimation of forest biophysical characteristics in northern Michigan with SIR-C/X-SAR,” IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 33; 877–895.
- Dobson M.C, M. Craig, 2000; Forest Information from Synthetic Aperture Radar. Journal of Forestry, Volume 98, Number 6pp. 41-43(3)
- Faraway JJ. 2006. Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models: Chapman & Hall, 301 pp.
- Kasischke, E.S., Christensen, N.L., Haney, E.M., 1994. Modeling of geometric properties of loblolly pine tree and stand characteristics for use in radar backscatter studies. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 32, 800–821.
- Kasischke, E. S., Christensen, N. L. Jr., y Bourgeau-Chavez, L. L. 1995. Correlating radar backscatter with components of biomass in loblolly pine forests. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33, 643– 659.
- Kuntz S., Poncet F., Knuth R., Kellndorfer J., Köhl M. ,Baldauf T., Hoekmann D., Solberg S. 2012. Status of X-Band SAR Applications in Forestry. GEO-FCT, 3rd Science & Data Summit, Arusha, Tanzania, February, 6-10, 2012
- Le Toan, T., Beaudoin, A., Riom, J., Guyon, D., 1992. Relating forest biomass to SAR data. IEEE Tran. Geosci. Remote Sens. 30, 403–411.
- Licciardi, G.A., Pratola, C., Del Frate, F. , Schiavon, G. , Solimini. D. 2012. Fusion of Radarsat-2 and cosmo-skymed polarimetric images to improve land cover classification. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). 4978-4981
- Presutti M.E., S.E. Franklin, E.E. Dickson y L.M. Moskal. 2001. Supervised Classification of Multisource satellite image spectral and texture data for Agricultural Crop Mapping in Buenos Aires Province, Argentina Canadian Journal of Remote Sensing Vol. 27 N° 6. pp 679-684

**APLICACIÓN DE CORTA DE LIANAS Y TACUARAS COMO PRÁCTICA PARA LA RECUPERACIÓN Y MANEJO DE BOSQUES NATIVOS APROVECHADOS EN LA SELVA PARANAENSE. ESTUDIO DE CASO**

**APPLICATION OF CUTTING LIANAS AND TACUARAS AS PRACTICE FOR THE RECOVERY AND MANAGEMENT OF NATIVE LOGGED FORESTS IN THE PARANAENSE FOREST. CASE STUDY**

**Pinazo M.A.<sup>1</sup>; Dummel C.J.<sup>2</sup>; Moscovich F.A.<sup>3</sup>**

1. INTA EEA Montecarlo. Email: [mpinazo@montecarlo.inta.gov.ar](mailto:mpinazo@montecarlo.inta.gov.ar). Av Libertador 2472. (3384). Montecarlo. Misiones.
2. Facultad de Ciencias Forestales. UNAM. Bertoni 124. (3380). Eldorado. Misiones.
3. INTA EEA Famaillá. Ruta Prov. 301 km 32. (4132). Famaillá. Tucumán.

**Resumen**

La provincia de Misiones posee 967000 ha de Selva Paranaense, que a priori podrían considerarse según el ordenamiento territorial exigido por ley nacional 26331, dentro de la categoría amarilla. La categoría contempla solo el uso productivo del bosque pero no se admitiría el desmonte. Esta superficie presenta bosques con diferentes niveles de degradación, situación que limita seriamente su potencial productivo actual y futuro. Para ello se aplicó el corte de lianas y tacuaras en un bosque aprovechado como técnica para su recuperación y se contrastó con situaciones testigo en parcelas de 1 ha. El tratamiento generó incrementos periódicos (IP) positivos en volumen y área basal, mientras que el testigo presentó incrementos negativos y nulos en volumen y área basal. Agrupando las especies en clases comerciales, las especies del grupo de valor comercial medio y bajo, fueron las que concentraron la mayor parte del IP volumétrico y en área basal.

**Palabras clave:** Misiones, silvicultura, vegetación competitiva, incremento.

**Summary**

The province of Misiones has 967000 hectares of Selva Paranaense, which might fall under the yellow category according to the land use planning required by national law 26331. This category contemplates only the productive use of forest but will not admit deforestation. This area has forests with different levels of degradation and this situation severely limits its current and future production potential. Cutting lianas and tacuaras was applied in a forest exploited as a technique for recovery and contrasted with control situations in 1 ha plots. The treatment produced positive increments (IP) in volume and basal area, while the control showed negative and zero increases in volume and basal area. Grouping species into commercial classes, species of group or species with medium and low commercial value were the most concentrated volumetric IP and basal area increment.

**Key words:** Misiones, silviculture, competing vegetation, increment

## Introducción

La provincia de Misiones posee 1.400.000 ha de bosques nativos (SADyS, 2007) de los cuales 967.000 ha han sido clasificados como categoría “amarilla” en el ordenamiento territorial de los bosques nativos exigidos por la ley nacional 26331. Esta categoría no admite el desmonte y permite el manejo forestal de los bosques contenidos en ella. Si bien no existen estimaciones oficiales, la mayoría de estos bosques han sido aprovechados en una o dos oportunidades y se encuentran bajo diferentes niveles de degradación. El aprovechamiento tradicional consiste en la aplicación de un sistema selectivo o de entresaca aplicados sobre las especies comerciales y donde la posibilidad del bosque se estima, en el mejor de los casos, de manera general con datos de crecimiento provenientes de publicaciones basadas en cortos periodos de tiempo y realizadas en áreas diferentes. Además, generalmente no se aplican técnicas de aprovechamiento de impacto reducido ni prácticas de manejo silvícola posterior al aprovechamiento. Esta situación genera un gran impacto sobre el dosel remanente y sobre la regeneración, sumándose la proliferación de lianas y cañas que dominan rápidamente el dosel y el sotobosque afectando la recuperación del bosque por largos periodos de tiempo (Montagnini *et al.*, 1998; Mac Donagh *et al.*, 2001). En los últimos años se ha reportado un aumento en el número y crecimiento de lianas en gran parte del trópico (Ingwell *et al.*, 2010; Schnitzer y Bongers, 2011; Campanello *et al.*, 2012). Las lianas ejercen una fuerte competencia con los individuos remanentes y generan daños mecánicos generando aumentos en las tasas de mortalidad (Schnitzer *et al.*, 2005; Ingwell *et al.*, 2010; Schnitzer y Carson, 2010; Tobin *et al.*, 2012). Por su parte las cañas afectan los procesos de dispersión, regeneración y crecimiento, además de producir daños mecánicos a los renovales (Tabarelli y Mantovani, 2000; Griscom y Asthon, 2006; Rother *et al.*, 2009; Campanello *et al.*, 2007). Estos procesos generan altas tasas de mortalidad, bajas tasas de regeneración y disminuyen el crecimiento del rodal, comprometiendo la recuperación de la estructura del bosque (Ingwell *et al.*, 2010). Desde el punto de vista productivo, los bosques sin manejo presentan bajos crecimientos y disminución de especies de valor comercial afectando el rendimiento de madera para futuros ciclos de corta (Mac Donagh y Rivero, 2006). El corte de la vegetación invasora, como las lianas y cañas, ha demostrado ser una práctica efectiva para el manejo de bosques tropicales y es recomendada como práctica para disminuir los daños durante el aprovechamiento y para liberar la regeneración e individuos del dosel de la fuerte competencia de ejercen estas especies (Dawkins y Philips, 1998; Lamprecht, 1990).

## Materiales y métodos

La experiencia se desarrolló en el Campo Anexo Manuel Belgrano, en el Departamento Manuel Belgrano (Provincia de Misiones), dependiendo administrativamente de la Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo del INTA. El campo cuenta con una superficie de 1677 ha, geográficamente se ubica a los 26° 04' de Latitud Sur y a los 53° 45' de Longitud Oeste a una altitud de 600 m.s.n.m. El clima es subtropical húmedo, con régimen pluviométrico isohigro, considerando que en cualquier estación o mes del año puede haber sequía o abundantes precipitaciones, con temperatura media anual de 23.3 °C y media mínima de -7.0 °C. Está ubicado en la región más templada de la provincia debido a la altura sobre el nivel del mar, razón por la cual las heladas que se registran son relativamente intensas. La humedad relativa anual es de 76% y la precipitación media anual es de 2137.5 mm (Correa de Temchuk *et al.*, 2003).

La vegetación original de la región, definida por Cabrera (1976) como “Selva de Laurel, Guatambú y Pino”, se caracteriza por un estrato arbóreo dominante donde predomina *Araucaria angustifolia*; un estrato arbóreo mediano donde sobresalen *Nectandra megapotamica* (Laurel negro), *Balfourodendron riedelianum* (Guatambú), *Ilex paraguayensis* (Yerba mate), *Cordia americana* (Guayaibi-rá), entre otras. El estrato herbáceo se encuentra formado por varias especies del género *Doryopteris*, *Hydrocotyle*, *Olyra*, etc. Entre las epifitas se destacan los géneros *Polypodium*, *Peperomia*, *Asplenium*, entre otras.

Los bosques de esta propiedad han sido sometidos a aprovechamientos selectivos en los años 60-70, sin registrarse nuevas intervenciones ni prácticas de manejo hasta el presente.

Durante los años 2006 y 2007 se instalaron parcelas de 1 ha con un tratamiento de corte de lianas y tacuaras más un testigo, totalizando 4 hectáreas de ensayo (2 repeticiones). La instalación se llevó a cabo mediante la generación sobre el terreno de una cuadrícula de 100 m x 100 m con subdivisiones de 10 m x 10 m. En cada subdivisión se mapearon, mediante cinta métrica, todos los individuos con DAP > 10 cm, se refirieron a un sistema de coordenadas x-y, se identificaron a nivel de especie, se midió el DAP y se estimó la altura de fuste. Todos los individuos fueron identificados mediante chapa numerada. En las parcelas correspondientes al tratamiento de corte de lianas y tacuaras, se procedió al corte de las mismas mediante el empleo de machete. Posteriormente, se realizaron mediciones bianuales del diámetro, totalizando 4 años de mediciones y se registraron los individuos que superaron los 10 cm DAP y los individuos muertos.

**Tabla 1:** Valores de densidad (ind./ha) y área basal (m<sup>2</sup>/ha) inicial y final para un periodo de 4 años en las situaciones de tratamiento y testigo.

**Table 1:** Initial and final abundance (ind./ha) and basal area (m<sup>2</sup>/ha) values for a 4 years period in the treatment and control plots.

	Densidad		Area Basal	
	Inicial ind./ha	Actual ind./ha	Inicial m <sup>2</sup> /ha	Actual m <sup>2</sup> /ha
Testigo 1	388	399	24.68	24.87
Tratamiento 1	362	388	24.10	25.44
Testigo 2	500	482	26.23	26.24
Tratamiento 2	405	488	18.33	21.08

Para el análisis de los datos se calculó el incremento periódico en área basal y volumen por especie individual, grupo de especies comerciales y general de la parcela. Las especies comerciales fueron definidas en función a la clasificación estipulada por el Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de la provincia de Misiones para las tasas de aforo y derecho de inspección.

Para el cálculo del volumen se utilizó la fórmula ajustada por Costas *et al.* (2006):

$$V = -1.5336 + 0.0525 D^2 + 0.0569 D^2 H + 0.0161 D H^2$$

V: Volumen (dm<sup>3</sup>)

D: Diámetro a la altura del pecho (cm)

H: Altura de fuste (m)

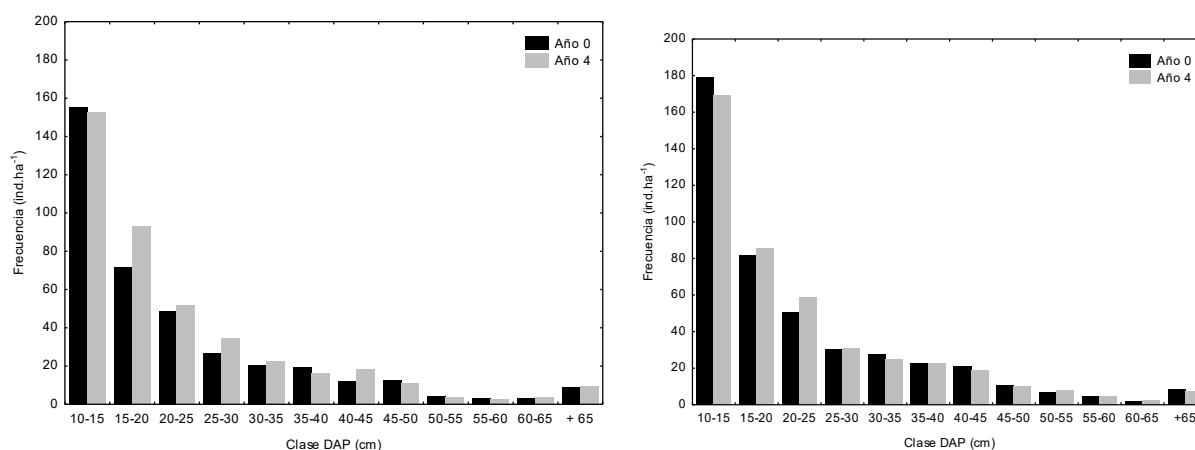
## Resultados y Discusión

### Incremento en diámetro y área basal

Las distribuciones diamétricas representan la típica “J” invertida característica de estos bosques. Cuatro años después de aplicado el tratamiento se observó una tendencia a mayor movilidad entre clases diamétricas en el tratamiento, aunque estas no fueron significativas ( $\lambda^2$ : 13.21; p: 0.28) (**gráfico 1**).

El incremento diamétrico observado en el tratamiento fue mayor para todas las clases de diámetro a la altura del pecho respecto al exhibido por el testigo (**gráfico 2**). Los incrementos fueron superiores en las clases diamétricas hasta 35 cm a la altura del pecho respecto a las clases mayores en el tratamiento y testigo, con una tendencia a incrementos más elevados en las clases hasta 35 cm de diámetro.

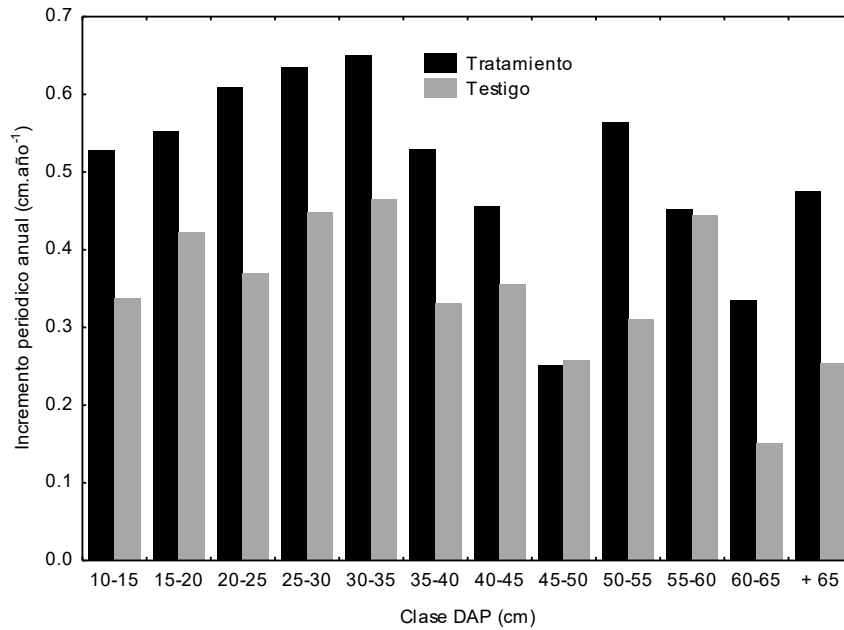
El incremento en área basal a nivel de rodal resultó variable en el tratamiento y testigo. Por una parte se obtuvieron incrementos positivos en el tratamiento con un valor promedio de  $2.03 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  para el periodo de 4 años, lo que representa un incremento periódico anual de  $0.51 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  (**gráfico 3A**). Estos valores representan en término relativo un incremento anual de 2.5 %. El testigo, en cambio, presentó un incremento para el periodo de  $0.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  y  $0.03 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  de incremento periódico anual, que en valor relativo significó un incremento anual de 0.02% (grafico 3A).



**Gráfico 1: Distribución diamétrica a nivel de rodal para el tratamiento (A) y testigo (B).**

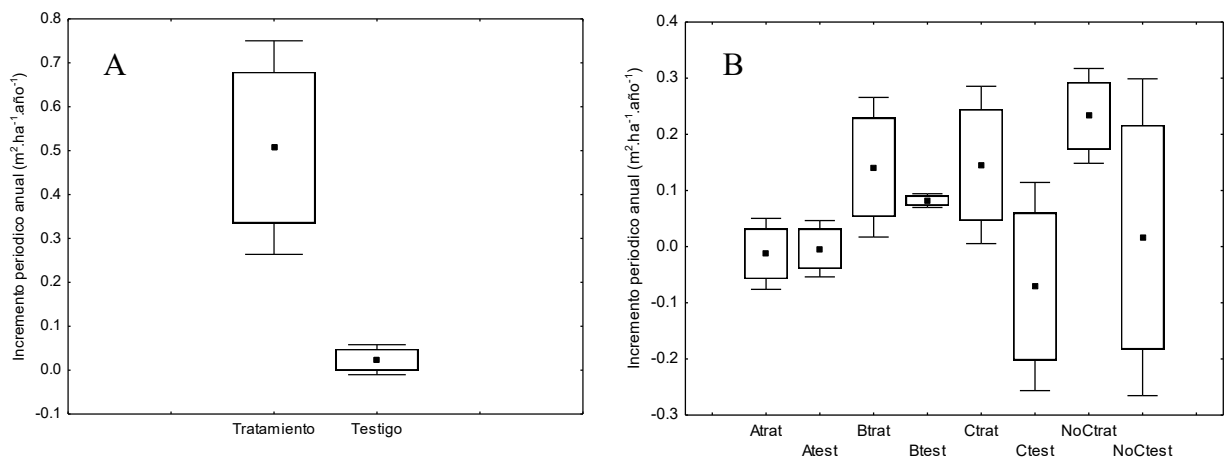
**Figure 1: Diameter distribution at stand level for treatment plots (A) and control plots (B).**

Discriminando el incremento del área basal por grupo de especies según su valor comercial los grupos B (valor comercial medio), C (valor comercial bajo) y NoC (no comerciales) presentaron mayores incrementos anuales en el tratamiento, mientras las especies más valiosas o del grupo A con incrementos prácticamente nulos en ambas situaciones (**gráfico 3B**). El incremento anual de las especies del grupo B y C significó un 55.8% del incremento anual, mientras que las especies NoC representaron un 44.2% del incremento anual a nivel de rodal. En el testigo el incremento fue marcadamente inferior y variable. Las especies del grupo A y C presentaron incrementos negativos y las especies del grupo NoC incrementos prácticamente nulos. Solo el grupo de especies B arrojó incrementos positivos con un valor de  $0.08 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ .



**Gráfico 2:** Incremento periódico anual del diámetro (cm.año<sup>-1</sup>) por clase diamétrica en el tratamiento y testigo.

**Figure 2:** Periodic annual diameter increment (cm.year<sup>-1</sup>) for diameter classes in the treatment and control plots.



**Gráfico 3.** Incremento periódico anual de área basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) a nivel de rodal (A) y a nivel de rodal por grupo comercial de especies (B).

**Figure 3.** Periodic annual basal area increment (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>) at the stand level (A) and at different groups of commercial species level (B).

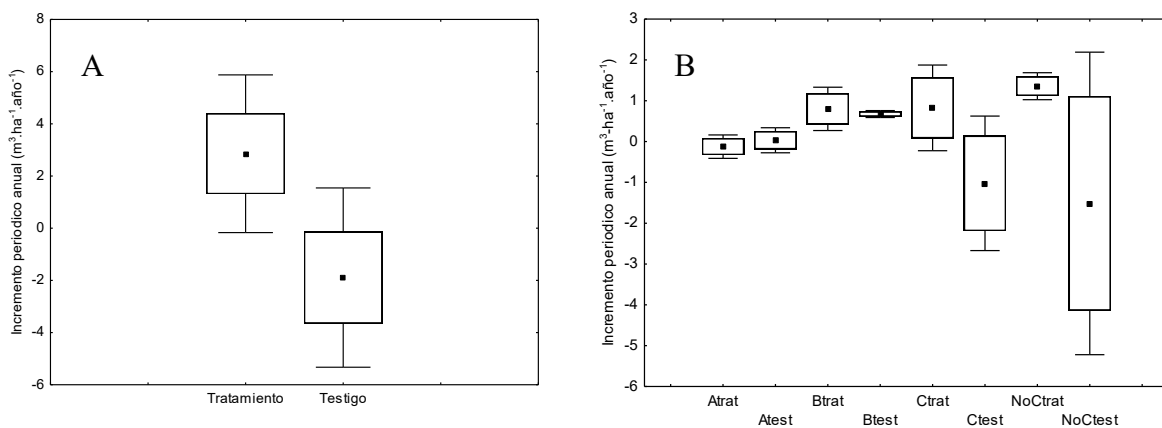
Los incrementos en área basal analizados permiten visualizar el efecto del tratamiento aplicado en el corto plazo y pueden relacionarse al efecto del corte de lianas a nivel de árbol individual. Las lianas son mencionadas como fuertes competidoras de los individuos arbóreos en bosques tropicales y su eliminación o corta produce un aumento en el crecimiento de los individuos liberados Tobin *et al.* (2012). Villegas *et al.* (2009) reportaron aumentos significativos del incremento mediante el corte de lianas en bosques secos de Bolivia. De manera similar, Grogan y Landis (2009) mencionaron incrementos significativos a nivel individual en *Swietenia macrophylla* como respuesta a la liberación de lianas.

Por su parte, Gerwing (2001) reportó incrementos tres veces superiores en rodales aprovechados sometidos a corta de lianas. A nivel regional y sobre este mismo ensayo, Pinazo *et al.* (2012) mencionaron una respuesta positiva del crecimiento diámetro a nivel de árbol individual en las parcelas tratadas. Adicionalmente, el valor de incremento anual como resultado del tratamiento aplicado es mayor a los mencionados por Rivero *et al.* (2008) en bosques recientemente aprovechados para un periodo de estudio similar realizado en la reserva Guaraní perteneciente a la FCF-UNAM. Sin embargo, la variabilidad observada tanto a nivel de rodal como a nivel de grupo de especie para el área basal puede deberse a la composición de especies y la respuesta diferencial de las mismas a la liberación, en concordancia con lo encontrado por Campanello *et al.* (2007), que reportaron diferentes reacciones a la liberación de lianas a nivel de árbol individual para diferentes especies de la Selva Paranaense.

### Incremento en volumen

De manera similar al incremento en área basal, el incremento en volumen fue superior en el tratamiento con un valor promedio de  $2.85 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ , representando un 2.13% del volumen inicial. El testigo presentó un incremento negativo con un valor promedio de  $-1.90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ , representando una disminución anual del volumen de  $-3.53\%$  para el periodo estudiado (grafico 4A) El incremento negativo del testigo es atribuible a procesos de mortalidad (datos no presentados) que no son compensados con el incremento diamétrico o de área basal a nivel de rodal. Esto puede verse magnificado por el hecho que la función de volumen utilizada incluye a la altura de fuste como variable predictora. Esta situación implica que la pérdida de volumen generada por la muerte de un individuo con una determinada longitud de fuste para un diámetro dado, no es necesariamente compensada por el incremento en diámetro o área basal de los individuos remanentes.

El incremento en volumen presentó un comportamiento similar al área basal considerando los diferentes grupos de especies. En general el incremento fue mayor y positivo en el tratamiento a excepción del grupo A de especies y se distribuyó en las especies de los grupos B, C y NoC con valores de 0.80, 0.82 y  $1.36 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  respectivamente. En el testigo los valores fueron negativos y mostraron una gran variabilidad particularmente en los grupos C y NoC, mientras que las especies del grupo B mostraron un incremento anual de  $0.6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . En el caso de las especies del grupo A, estas presentaron un incremento anual prácticamente nulo (grafico 4B).



**Gráfico 4:** Incremento periódico anual en volumen ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ ) a nivel de rodal (A) y a nivel de rodal por grupo comercial de especies (B).

**Figure 4:** Periodic annual volume increment ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ ) at the stand level (A) and at different groups of commercial species level (B).

El crecimiento exhibido en el tratamiento es mayor que la tasa del 1 % mencionado por Mac Donagh y Rivero (2005) como tasa general asumida para la provincia de Misiones. Sin embargo, es importante mencionar que gran parte del incremento se distribuye en especies de poco valor comercial y afectarían directamente la rentabilidad del bosque desde el punto de vista maderero. Si bien el aprovechamiento pasado pudo haber generado diferentes estructuras remanentes, la tendencia de un mayor incremento volumétrico en el tratamiento es mayor respecto a experiencias de manejo post aprovechamiento realizados en otras regiones donde se registraron valores de  $0.75\text{-}0.85\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  (Gourlet-Fleury *et al*, 2013). En el caso del testigo, el valor negativo del testigo podría deberse a una reducción temporal del volumen por disturbios y/o por el efecto de la lianas sobre el dosel. Las lianas ejercen una gran competencia con los árboles (Schnitzer *et al*, 2005; Ingwell *et al*, 2010; Schnitzer y Carson, 2010; Tobin *et al*, 2012). En áreas aprovechadas la proliferación de lianas provocan aumentos en la tasa de mortalidad de los árboles ocasionando pérdidas de biomasa y de volumen que no se compensa con el desarrollo de los sus tallos (Heijden van der y Phillips, 2009). A esta situación se debería sumar el aumento de lianas reportado por varios autores en diferentes regiones (Ingwell *et al*, 2010; Schnitzer y Bongers, 2011; Campanello *et al*, 2012). Esto podría representar una pérdida de capacidad de fijación de carbono por parte de los bosques aprovechados de la región y conducir a un proceso acelerado de degradación del mismo.

### **Conclusiones**

A pesar de ser un estudio de caso, los resultados presentados permiten confirmar la tendencia de aumento del crecimiento a nivel de rodal que genera el manejo de la vegetación competitiva en bosques aprovechados que permitiría la recuperación. Sin embargo, el tratamiento aplicado no sería suficiente para promover el crecimiento de las especies comerciales más valiosas y por lo tanto, se debería combinar el manejo de la vegetación competitiva con prácticas que estimulen el crecimiento en las mencionadas especies.



## Bibliografía

- CABRERA, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Buenos Aires: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2º ed., Tomo II, 85p.
- CAMPANELLO, P.I.; Garibaldi, J.F.; Gatti, M.G.; Goldstein, G. 2007. Lianas in a subtropical Atlantic Forest: Host preference and tree growth. *Forest Ecology and Management* 242: 250-259.
- CAMPANELLO, P.I.; Villagra, M.; Garibaldi, J.F.; Ritter, L.J.; Araujo, J.J.; Goldstein, G. 2012. Liana abundance, tree crown infestation, and tree regeneration ten years after liana cutting in a subtropical forest. *Forest Ecology and Management* 284: 213-221.
- CORREA DE TEMCHUK, M; Olinuk, JA; Pedemonte, R. 2003. Contornos de lluvia para la provincia de Misiones. Análisis geoestadístico. Informe Técnico 85. EEA Cerro Azul. 23p.
- COSTAS, R.; Verna, N.; Lorán, D.; López Cristóbal, L.; Fosco, I.; Gonzalez, J. 2006. Funciones de volumen para especies de bosque secundario de la reserva Guaraní. Misiones. Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo.* 2: 49-57.
- DAWKINS, H.C.; Philip, M.S. 1998. *Tropical Moist Forest Silviculture and Management. A history of success and failure.* CAB International. Oxfordshire. Reino Unido. 359 p.
- GERWING, J.J. 2001. Testing liana cutting and controlled burning as silvicultural treatments for a logged forest in the eastern Amazon. *Journal of Applied Ecology* 38: 1264-1276.
- GOURLET-FLEURY, S.; Mortier, F.; Fayolle, A.; Baya, F.; Ouédraogo, D.; Bénédet, F.; Picard, N. 2013. Tropical forest recovery from logging: a 24 year silvicultural experiment from Central Africa. *Phil Trans R Soc B* 368:20120302.
- GRISCOM, B.W.; Ashton, P.M.S. 2006. A self-perpetuating bamboo disturbance cycle in a neotropical forest. *Journal of Tropical Ecology* 22: 587-597.
- GROGAN, J.; Landis, M.R. (2009). Growth history and crown vine coverage are principal factors influencing growth and mortality rates of big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* in Brazil. *Journal of Applied Ecology* 46:1283-1291.
- INGWELL, L.L.; Wright, S.J.; Becklund, K.K.; Hubbell, S.P.; Schnitzer, S.A. 2010. The impact of lianas on 10 years of tree growth and mortality on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Ecology* 98: 879-887.
- HEIJDEN VAN DER, G.M.F.; Phillips, O.L. 2009. Liana infestation impacts tree growth in a lowland tropical moist forest. *Biogeosciences Discussions* 6: 3133-3158.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos.* Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). República Federal Alemana.
- MAC DONAGH, P.; Rivero, L. 2005. ¿Es posible el uso sustentable de los bosques de la Selva Misionera?. En: *La Situación Ambiental de la Argentina 2005.* Brown, A., U. Martínez Ortiz, M. Acerbi y J. Corcuera (Eds.) Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires. 210-217.
- MAC DONAGH, P., O. Gauto, L. Lopez Cristóbal, N. Vera, S. Figueredo, R. Fernández, J. Garibaldi, M. Alvez, H. Keller, M. Marek, J. Cavalin y S. Kobayashi, "Evaluation of forest harvesting impacts on forest ecosystems", en: Kobayashi, S., J. W. Turnbull, T. Toma, T. Mori y N. M. N. A. Majid (eds.), *Rehabilitation of Degraded Tropical Forest Ecosystems, Indonesia,* Center for International Forestry Research, 2001, pp. 69-79.
- MONTAGNINI, F.; Eibl B.; Szczipanski, L.; Rios, R. 1998. Tree regeneration and species diversity following conventional and uniform spacing methods of selective cutting in a subtropical humid forest reserve. *Biotropica* 30: 349-361.
- PINAZO, M.A.; Dummel, C.J.; Moscovich, F.A.; Knebel, O.E. 2012. Efecto del corte de lianas y tacuaras sobre las incorporaciones, mortalidad y crecimiento en un bosque aprovechado en el norte de Misiones, Argentina. XV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA.
- RIVERO, L.; Bulfe, N.; Nuñez, P.; Mac Donagh, P.; Toma, T. 2008. Crecimiento de especies arbóreas de un bosque aprovechado selectivamente, en la reserva de uso múltiple Guaraní, Misiones. XI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA.
- ROTHER, D.C.; Rodrigues, R.R.; Pizo, M.A. 2009. Effects of bamboo stands on seed rain and seed limitation in a rain-forest. *Forest Ecology and Management* 257: 885-892.
- SCHNITZER, S.A.; Kuzee, M.E.; Bongers, F. 2005. Disentangling above- and below-ground competition between lianas and trees in a tropical forest. *Journal of Ecology* 93: 1115-1125.
- SCHNITZER, S.A.; Carson, W.P. 2010. Lianas suppress tree regeneration and diversity in treefall gaps. *Ecology Letters* 13: 849-857.
- SCHNITZER, S.A.; Bongers, F. 2011. Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms. *Ecology Letters* 14: 397-406.
- SADyS. 2007. *Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. Primer inventario nacional de bosques nativos. Informe regional Selva Misionera.* 70 p.
- TABARELLI, M.; Mantovani, W. 2000. Gap-phase regeneration in a tropical montane forest: the effects of gap structure and bamboo species. *Plant Ecology* 148: 149-155.
- TOBIN, M. F.; Wright, A. J.; Mangan, S. A.; Schnitzer, S. A., "Lianas Have a Greater Competitive Effect Than Trees of Similar Biomass on Tropical Canopy Trees" (2012). *Biological Science Faculty Publications.* Paper 2. [http://dc.uwm.edu/biosci\\_facpubs/2](http://dc.uwm.edu/biosci_facpubs/2)
- VILLEGAS, Z.; Peña-Claros, M.; Mostacedo, B.; Alarcón A.; Licona, J.C.; Leño, C.; Pariona, W.; Choque, U. 2009. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 258: 971-979.

**ECUACIONES DE VOLUMEN Y FORMA PARA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze CULTIVADA EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA**

**TAPER AND VOLUME EQUATIONS FOR *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze GROWN IN THE NORTH OF THE PROVINCE OF MISIONES, ARGENTINA**

**Keller Aldo<sup>1</sup>; Crechi E.<sup>1</sup>**

Ings. Ftales. Investigadores INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472, tel: 03751-480512, Montecarlo, Misiones, Argentina. [keller.aldo@inta.gob.ar](mailto:keller.aldo@inta.gob.ar) - [crechi.ernesto@inta.gob.ar](mailto:crechi.ernesto@inta.gob.ar)

**Resumen**

Considerando la necesidad de actualizar las ecuaciones de volumen-forma de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze para ser incluidas en el nuevo simulador forestal PlaForNEA desarrollado por el INTA, se ajustaron algunos modelos clásicos. La base de datos comprendió 854 árboles, a partir de 5 años y 6 cm de diámetro hasta 42 años y 64 cm de diámetro. Se obtuvieron datos de diámetro a la altura del pecho, altura total y diámetros con y sin corteza a distintas alturas. Los árboles provinieron de la zona norte de la Provincia de Misiones. Fueron seleccionados el modelo denominado Prodan para volumen total con corteza, un modelo multiplicativo ajustado por regresión lineal simple para estimar volumen sin corteza a partir del volumen con corteza y modelos de exponente variable para estimar diámetros y volúmenes a diferentes alturas.

**Palabras clave:** pino paraná, modelos, diámetros parciales.

**Summary**

Considering the need to update the volume and taper equations of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze to be included in the new forest simulator PlaForNEA developed by INTA, some classic models were fitted. The database comprised 854 trees, from 5 to 42 years and 6 to 64 cm of diameter at breast height. Data of diameter at breast height, total height and diameter with and without bark were obtained at different heights. The trees came from the northern part of the Province of Misiones. The model called Prodan were selected for total volume over bark, a multiplicative model fitted by simple linear regression were selected to estimate volume under bark and variable exponent models were selected for estimating diameters and volumes at different heights.

**Key words:** paraná pine, model, partial diameters.

## Introducción

La *Araucaria angustifolia* (pino Paraná), especie nativa de la zona Noreste de la provincia de Misiones y Brasil, se viene plantando en la provincia de Misiones desde hace décadas con fines maderables dadas las buenas características de su madera para diferentes usos en la construcción, carpintería y ebanistería, entre otros, aunque en los últimos años la superficie plantada ha disminuido, principalmente al ser reemplazada por especies del género *Pinus*.

Para la estimación de la producción de madera a obtener en los distintos aprovechamientos resulta muy útil contar con ecuaciones específicamente desarrolladas en base a mediciones simples.

Dado que es necesario poder estimar la volumetría de las plantaciones existentes, entre los años 1997 y 1999, técnicos del INTA y de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, en el marco del Convenio Cooperativo Simuladores de Crecimiento, han desarrollado varias ecuaciones a tal fin (Friedl *et al*, 1997). Hoy en día, en el marco de la actualización del nuevo simulador de crecimiento y producción forestal desarrollado por el INTA, PlaForNEA – Plataforma de Gestión Forestal (Fassola *et al*, 2013), surgió la necesidad de desarrollar nuevas ecuaciones para estimar el volumen y forma de árboles individuales de pino Paraná cultivado en la zona centro-norte de la provincia de Misiones que además sean compatibles con la estructura del simulador.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar ecuaciones que permitan el cálculo del volumen del fuste con y sin corteza como así también el diámetro y volumen acumulado a diferentes alturas en el árbol.

## Material y métodos

La base de datos estuvo conformada por 854 árboles, desde 5 años y 6 cm de diámetro hasta 42 años y 64 cm de diámetro y que contaban con mediciones de diámetro a la altura del pecho, altura total y diámetros a diferentes alturas. Los árboles provinieron de la zona norte de la Provincia de Misiones.

Los árboles muestra fueron seleccionados de manera tal de cubrir todo el rango diamétrico observado en cada plantación seleccionada y de ellos se obtuvieron datos como el diámetro a la altura del pecho (dap), altura total y los diámetros a diferentes alturas en el fuste.

Para el cálculo del volumen de cada troza se utilizó la fórmula de Smalian mientras que para estimar el volumen desde el último corte hasta el ápice fue utilizada la fórmula de volumen del cono. El volumen total fue obtenido por la sumatoria de los volúmenes de cada una de las secciones o trozas de cada árbol. El volumen del tocón no fue considerado.

De la literatura (Keller *et al*, 2013) fueron obtenidos algunos modelos clásicos de simple y doble entrada para la estimación del volumen total con corteza, los que se detallan en la **Tabla 1**, en tanto que para los modelos ajustados para la estimación de diámetros y volúmenes parciales con corteza que se muestran en la **Tabla 2**, fueron obtenidos del trabajo presentado por Fassola *et al*, 2007. La evaluación de los diferentes modelos se realizó a partir de la utilización del Coeficiente de determinación ( $R^2$ ), Error estándar de la estimación (syx), Coeficiente de variación (CV%), Índice de Furnival (IF%) (Da Silva, 1991; Schneider, 1997) y análisis gráficos de los residuos.

**Tabla 1: Modelos ajustados para volumen total con corteza****Table 1: Fitted models for total volume over bark**

Modelo	Denominación	Función
1	Prodan	$\ln vtcc = b_0 + b_1 \cdot \ln dap + b_2 \cdot \ln^2 dap + b_3 \cdot \ln h + b_4 \cdot \ln^2 h$
2	Schumacher - Hall	$\ln vtcc = b_0 + b_1 \cdot \ln dap + b_2 \cdot \ln h$
3	Spurr <sub>2</sub>	$\ln vtcc = b_0 + b_1 \cdot \ln(dap^2 \cdot h)$
4	Naslund	$vtcc = b_0 + b_1 \cdot dap^2 + b_2 \cdot dap^2 \cdot h + b_3 \cdot dap \cdot h^2 + b_4 \cdot h^2$
5	N/D	$\ln vtcc = b_0 + b_1 \cdot \ln dap + b_2 / \ln dap$

Referencias: vtcc: volumen total con corteza del fuste (m<sup>3</sup>); dap: diámetro a la altura del pecho (cm); h: altura total del fuste (m); b<sub>i</sub>: coeficientes del modelo; ln: logaritmo natural.

Luego, por regresión lineal simple, se ajustó un modelo para estimar el volumen total sin corteza a partir del volumen total con corteza estimado por el modelo seleccionado. El mejor modelo fue seleccionado por indicadores de bondad de ajuste y gráficos de dispersión de residuos.

**Tabla 2: Modelos ajustados para diámetro parcial y volumen acumulado a diferentes alturas.****Table 2: Fitted models for partial diameter and accumulated volume at different heights.**

Modelo	Denominación	Ecuación
1	Bi dcs	$dcs = ((\ln(\text{seno}(\pi/2 * (\text{hpcs}/\text{ht}))) / \ln(\text{seno}(\pi/2 * (1,3/\text{ht}))))^{a + (b * \text{seno}(\pi/2 * (\text{hpcs}/\text{ht}))) + (c * \text{coseno}(3 * \pi/2 * (\text{hpcs}/\text{ht}))) + (d * \text{seno}(\pi/2 * (\text{hpcs}/(\text{hpcs}/\text{ht}))) + (e * \text{dap}) + (f * (\text{hpcs}/\text{ht}) * (\text{dap}^{0,5})) + (g * (\text{hpcs}/\text{ht}) * (\text{ht}^{0,5}))) * \text{dap}) * 100$
2	Pol5nl	$dcs = (\text{dap} * (a + b * (\text{hpcs}/\text{ht}) + c * ((\text{hpcs}/\text{ht})^2) + d * ((\text{hpcs}/\text{ht})^3) + e * ((\text{hpcs}/\text{ht})^4) + f * ((\text{hpcs}/\text{ht})^5))) * 100$
3	Pol5 dcs	$(dcs * 100) / \text{dap} = a + b * (\text{hpcs}/\text{ht}) + c * (\text{hpcs}/\text{ht})^2 + d * (\text{hpcs}/\text{ht})^3 + e * (\text{hpcs}/\text{ht})^4 + f * (\text{hpcs}/\text{ht})^5$
4	Bi vacc	$vacc = ((\text{seno}(\pi/2 * (\text{hpcs}/\text{ht})))^a * (\text{seno}(\pi/2 * ((\text{hpcs}/\text{ht})^{0,5})))^b * (\text{seno}(\pi/2 * ((\text{hpcs}/\text{ht})^{1/3}))))^c * (\text{seno}(\pi/2 * ((\text{hpcs}/\text{ht})^{0,25})))^d * vtcc$
5	AmBur vacc d	$vacc = vtcc * (1 + a * (dcs^b / (\text{dap}/100)^c))$
6	AmBur vacc h	$vacc = vtcc * (1 + a * (((\text{ht} - \text{hpcs})^b) / \text{ht}^c))$

Referencias: dcs: diámetro con corteza a la altura considerada (cm); hpcs: altura de corte considerada (m); vacc: volumen acumulado hasta la altura considerada (m<sup>3</sup>); vtcc: volumen total con corteza del fuste (m<sup>3</sup>); dap: diámetro a la altura del pecho (cm); ht: altura total del árbol (m); a...g: coeficientes del modelo; ln: logaritmo natural.

## Resultados y discusión

En la **Tabla 3** se presentan el coeficiente de determinación ajustado (R<sup>2</sup><sub>aj</sub>), el error estándar de la estimación (syx), coeficiente de variación (CV%) y el Índice de Furnival (IF%) de los modelos ajustados, para el cálculo del volumen del fuste con corteza y del modelo ajustado por regresión lineal para la estimación del volumen total sin corteza de pino Paraná.

**Tabla 3:** Indicadores de bondad de ajuste de los modelos de volumen con y sin corteza.

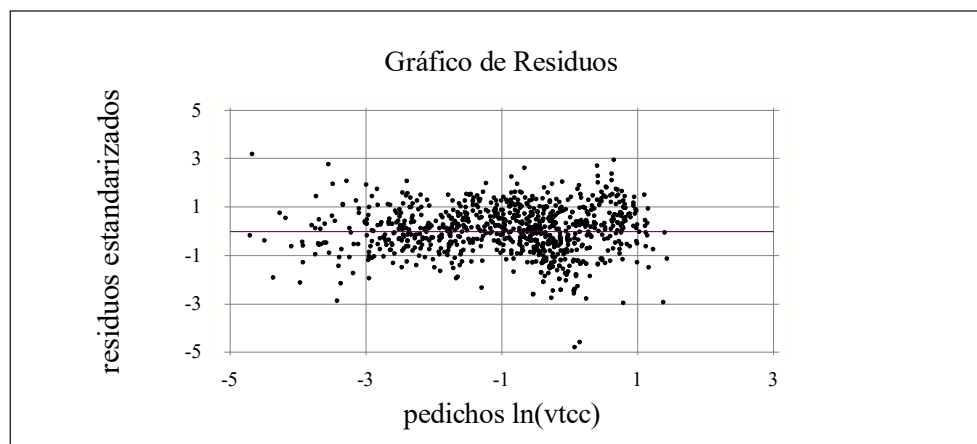
**Table 3:** Statistical data of goodness of fit for total volume with and without bark.

Modelo	Denominación Modelo	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	syx	CV%	IF%
1	Prodan	99.54	0.083		8.61
2	Schumacher - Hall	99.52	0.084		8.79
3	Spurr2	99.52	0.085		8.85
4	Naslund	98.48	0.089	12.4	
5	N/D	98.84	0.131		14.02
1	Multiplicativo vtsc	99.48	0.089		

Para la estimación del volumen total con corteza, en base a los estadísticos considerados y al análisis gráfico de los residuos, fue seleccionado el modelo denominado Prodan. Mostró una dispersión de los residuos equilibrada y que no manifestó tendenciosidad.

En la **Gráfico 1** se muestra el diagrama de dispersión de los residuos del modelo seleccionado para la estimación del volumen con corteza.

Debido a que el modelo seleccionado posee transformación logarítmica fue necesario aplicar un factor de corrección. Para el cálculo del factor de corrección de la discrepancia logarítmica se utilizó la fórmula propuesta por Meyer en 1941 y el valor obtenido para el modelo seleccionado fue de 1,003. Este valor se multiplica al valor de volumen total con corteza obtenido por la aplicación del modelo seleccionado, no así para el caso del volumen total sin corteza.



**Gráfico 1:** Residuos del modelo seleccionado para la estimación del volumen con corteza.

**Figure 1:** Residual graphic of selected model for total volume over bark.

El modelo seleccionado para la estimación del volumen total sin corteza fue un modelo multiplicativo dado que presentó mejores estadísticos de ajuste y una mejor distribución de los residuos que los modelos alternativos.

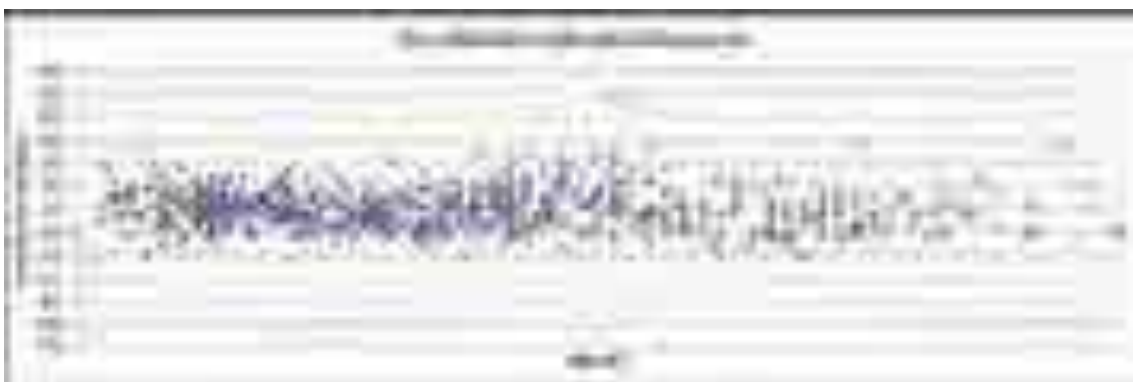
Las ecuaciones de los modelos seleccionados para el cálculo de volumen con y sin corteza se muestran a continuación:

$$vtcc = (\exp(-9,57727 + 1,40276 \cdot \ln(dbh) + 0,0890858 \cdot (\ln(dbh))^2 + 1,45553 \cdot \ln(h) - 0,0973493 \cdot (\ln(h))^2)) \cdot 1,003$$

$$vtsc = 0,80946 \cdot vtcc^{1,02369}$$

**Referencias:** vtcc: volumen total del fuste con corteza (m<sup>3</sup>); vtsc: volumen total del fuste sin corteza (m<sup>3</sup>); dap: diámetro a la altura del pecho (cm); h: altura total (m).

A continuación, en los **Gráficos 2 y 3**, se muestran los gráficos de residuos estimados a partir de los valores observados y estimados por los modelos seleccionados, ordenados en función del diámetro a la altura del pecho, donde se puede observar que no presentan tendenciosidad respecto a esta variable.



**Gráfico 2:** Distribución de errores obtenidos a partir del modelo seleccionado para volumen con corteza en relación al dap.

**Figure 2:** Relative error of selected model for total volume over bark



**Gráfico 3:** Distribución de errores obtenidos a partir del modelo seleccionado para volumen sin corteza en relación al dap.

**Figure 3:** Relative error of selected model for total volume without bark

En el **Anexo 1**, se presenta la tabla de volumen resultante de la aplicación de los modelos seleccionados.

Como puede verse en la **Tabla 3**, el modelo denominado N/D de simple entrada, también presenta buenos estadísticos de ajuste, además de que su distribución de residuos es bastante homogénea, lo que hace factible de utilizar en casos en los cuales no es posible medir o estimar con certeza la altura de los árboles, dato necesario para utilizar el modelo seleccionado en este trabajo para estimar el volumen total con corteza.

La prueba de los modelos seleccionados se realizó sobre los mismos datos utilizados para el ajuste y los errores relativos promedios obtenidos fueron de 0,6% y 0,4% para el volumen total con corteza y sin corteza respectivamente.

En la **Tabla 4** se presentan el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj}$ ), el error estándar de la estimación ( $syx$ ) y coeficiente de variación (CV%) de los modelos ajustados para la estimación de diámetros y volumen acumulado a diferentes alturas de pino paraná.

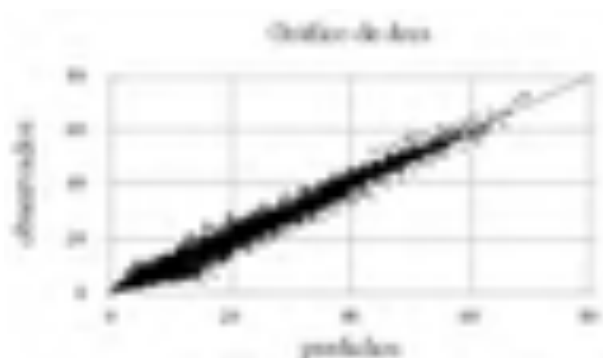
**Tabla 4:** Indicadores de bondad de ajuste de los modelos ajustados para el cálculo de diámetros y volumen acumulado de pino paraná.

**Table 4:** Statistical data of goodness of fit for partial diameter and accumulated volume at different heights.

Modelo	Denominación Modelo	$R^2_{aj}$	$syx$
1	Bi dcs	98.42	1.615
2	Pol5nl	97.97	1.789
3	Pol5	96.14	0.060
4	Bi vacc	99.84	0.022
5	AmBur vacc d	97.54	0.089
6	AmBur vacc h	99.71	0.030

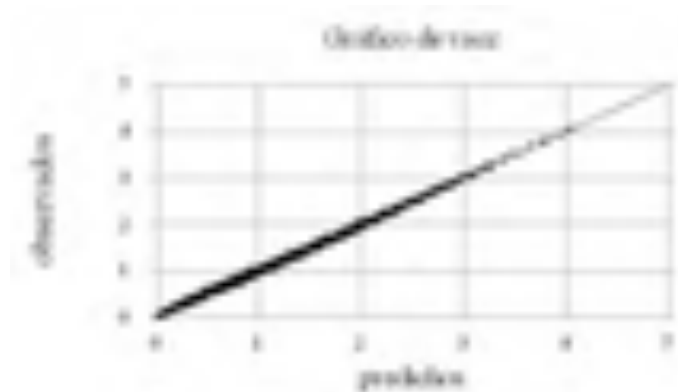
En base a los indicadores estadísticos de bondad de ajuste que se presentaron en la **Tabla 4** fueron seleccionados los modelos 1 y 4 para la estimación de diámetros y volumen a diferentes alturas, siendo ambos modelos de los denominados de exponente variable, aunque también los modelos 2 y 6 presentaron buenos indicadores y dispersión de residuos.

A continuación, en los **Gráficos 4 y 5** se muestran los ajustes de los modelos seleccionados para estimar diámetros y volumen a diferentes alturas, donde puede observarse que los modelos describen muy bien el comportamiento de las variables a estimar.



**Gráfico 4:** Ajuste del modelo seleccionado (Bi dcs) para la estimación de diámetros a diferentes alturas de pino paraná, observados vs. predichos.

**Figure 4:** Fit of selected model for partial diameter.



**Gráfico 5:** Ajuste del modelo seleccionado (Bi vacc) para la estimación del volumen acumulado hasta diferentes alturas de pino paraná, observados vs. predichos.

**Figure 5:** Fit of selected model for accumulated volume at different height.

### Conclusiones

Son varios los modelos que demostraron buenos ajustes, aunque algunos presentaron una distribución de residuos no deseable, pero el modelo denominado Prodan fue el que mejor ajuste y residuos exhibió. El error relativo promedio de estimación fue del 0,6%, por ello se lo considera como un buen modelo para la estimación del volumen total con corteza de árboles individuales de pino paraná (*Araucaria angustifolia*).

Para la estimación del volumen total sin corteza a partir del volumen total con corteza estimado con el modelo seleccionado, se ajustó un modelo multiplicativo por regresión lineal simple, arrojando un error relativo promedio del 0,4% y sin manifestar tendencia en sus residuos.

La utilización de los modelos seleccionados es recomendable para la estimación de volumen total con y sin corteza de árboles de pino paraná en inventarios forestales en la zona centro-norte de la provincia de Misiones, como así también los modelos seleccionados para la estimación de diámetros y volúmenes parciales.

En el **Anexo 1** se presenta la tabla de volumen resultante de la aplicación de los modelos seleccionados para la estimación del volumen total con y sin corteza de árboles individuales de pino paraná.

A continuación se presentan las fórmulas de trabajo de todos los modelos seleccionados:

$$vtcc = (\exp(-9,57727 + 1,40276 \cdot \ln(dap) + 0,0890858 \cdot (\ln(dap))^2 + 1,45553 \cdot \ln(h) - 0,0973493 \cdot (\ln(h))^2)) \cdot 1,003$$

$$vtsc = 0,80946 \cdot vtcc^{1,02369}$$

$$dccc = \left( \frac{\ln(\sin(\pi/2 \cdot (hpcs/ht))) / \ln(\sin(\pi/2 \cdot (1,3/ht)))}{\ln(\sin(\pi/2 \cdot (hpcs/ht)))} \right)^{0,406819 + (0,0181625 \cdot \sin(\pi/2 \cdot (hpcs/ht)))} + (0,00885884 \cdot \cos(\pi/2 \cdot (hpcs/ht))) + (-0,164003 \cdot \sin(\pi/2 \cdot (hpcs/ht))) + (0,000417765 \cdot dap) + (-0,0342305 \cdot (hpcs/ht) \cdot (dap^{0,5})) + (0,0317164 \cdot (hpcs/ht) \cdot (ht^{0,5})) \cdot dap \cdot 100$$

$$vacc = \frac{((\sin(\pi/2 \cdot (hpcs/ht)))^{3,3394} \cdot (\sin(\pi/2 \cdot ((hpcs/ht)^{0,5})))^{-25,4503} \cdot (\sin(\pi/2 \cdot ((hpcs/ht)^{1/3})))^{58,1455} \cdot (\sin(\pi/2 \cdot ((hpcs/ht)^{0,25})))^{-35,9725}}{1,003} \cdot vtcc$$



La aplicación de todos los modelos seleccionados fuera de la zona y rangos de diámetro y altura, para la cual fue construida, no es recomendada sin ser evaluada previamente.

## Bibliografía

- DA SILVA, A; BAILEY, R.; LEROY, J. 1991. Consideraciones teóricas sobre el uso correcto del Índice de Furnival en la selección de ecuaciones volumétricas. Rev. Árv., Viçosa, 15(3):323-327.
- FASSOLA, H.E; CRECHI, E.H; KELLER, A.E; COLCOMBET, L; BARTH, S.R; WINCK, R.A; DI RIENZO, J. Pla-ForNEA 1.0 - 2013, Plataforma de Gestión Forestal. INTA EEA Montecarlo. URL <http://www.plafornea.com.ar>
- FASSOLA H.E.; CRECHI E.H.; KELLER A.E.; BARTH S.R.; FERNANDEZ T. E. 2007. INFORME TÉCNICO Nº 61 “Funciones y Algoritmos dasométricos para manejo silvícola intensivo, de aplicación en plantaciones forestales orientadas a producción de madera de alto valor agregado”
- FRIEDL, R.A; CRECHI, E.H; FASSOLA, H.E.1997. Sistema de simulación de producción y crecimiento para especies forestales implantadas, Primera parte: Araucaria angustifolia, MANUAL DE DESCRIPCIÓN TÉCNICA
- KELLER A; CRECHI E; MALETTI R. 2013. Tabla de volumen para *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus Caribaea* var. *Hondurensis* cultivado en el noroeste de la provincia de Misiones, Argentina. 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Iguazú 2013.
- MEYER, H.A. 1941. Correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. Pennsylvania Forest School Research. Paper 7. 3p.
- SCHNEIDER, P. 1997. Análise de regressão aplicada a Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. 217 p.

## ANEXO I

Volumen del fuste con y sin corteza de árboles individuales de pino paraná (m<sup>3</sup>).

Total volume over and without bark (m<sup>3</sup>).

DAP (cm) dbh (cm)		Altura - height (m)											
		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
6	vtcc	<b>0.007</b>	<b>0.011</b>	<b>0.015</b>	0.019	0.023	0.027	0.031	0.034	0.037	0.041	0.044	0.047
	vtsc	<b>0.005</b>	<b>0.008</b>	<b>0.011</b>	0.014	0.017	0.020	0.023	0.025	0.028	0.030	0.033	0.035
9	vtcc	0.015	<b>0.023</b>	<b>0.032</b>	<b>0.040</b>	0.048	0.055	0.062	0.069	0.076	0.083	0.089	0.095
	vtsc	0.011	<b>0.017</b>	<b>0.024</b>	<b>0.030</b>	0.036	0.042	0.047	0.053	0.058	0.063	0.068	0.073
12	vtcc	0.025	0.039	<b>0.053</b>	<b>0.067</b>	<b>0.080</b>	0.093	0.105	0.117	0.129	0.140	0.150	0.160
	vtsc	0.018	0.029	<b>0.040</b>	<b>0.051</b>	<b>0.061</b>	0.071	0.081	0.090	0.099	0.108	0.116	0.124
15	vtcc	0.037	0.059	0.081	<b>0.102</b>	<b>0.122</b>	<b>0.141</b>	<b>0.160</b>	0.178	0.195	0.212	0.228	0.243
	vtsc	0.028	0.045	0.062	<b>0.078</b>	<b>0.094</b>	<b>0.109</b>	<b>0.124</b>	0.138	0.152	0.165	0.178	0.190
18	vtcc	0.053	0.084	0.114	0.144	<b>0.172</b>	<b>0.199</b>	<b>0.226</b>	<b>0.251</b>	0.276	0.299	0.322	0.344
	vtsc	0.040	0.064	0.088	0.111	<b>0.134</b>	<b>0.155</b>	<b>0.176</b>	<b>0.197</b>	0.216	0.235	0.254	0.272
21	vtcc	0.071	0.113	0.154	0.194	<b>0.232</b>	<b>0.269</b>	<b>0.304</b>	<b>0.338</b>	<b>0.371</b>	0.403	0.434	0.464
	vtsc	0.054	0.087	0.119	0.151	<b>0.181</b>	<b>0.211</b>	<b>0.239</b>	<b>0.267</b>	<b>0.293</b>	0.319	0.344	0.368
24	vtcc	0.092	0.146	0.200	0.251	0.301	<b>0.349</b>	<b>0.395</b>	<b>0.439</b>	<b>0.482</b>	<b>0.523</b>	0.563	0.602
	vtsc	0.070	0.113	0.156	0.197	0.237	<b>0.275</b>	<b>0.313</b>	<b>0.349</b>	<b>0.384</b>	<b>0.417</b>	0.450	0.481
27	vtcc	0.116	0.185	0.252	0.317	0.380	<b>0.440</b>	<b>0.499</b>	<b>0.555</b>	<b>0.609</b>	<b>0.661</b>	0.711	0.760
	vtsc	0.089	0.144	0.198	0.250	0.301	<b>0.350</b>	<b>0.397</b>	<b>0.443</b>	<b>0.487</b>	<b>0.530</b>	0.571	0.611
30	vtcc	0.143	0.228	0.311	0.392	0.469	0.544	<b>0.615</b>	<b>0.685</b>	<b>0.751</b>	<b>0.816</b>	<b>0.878</b>	<b>0.938</b>
	vtsc	0.111	0.178	0.245	0.310	0.373	0.434	<b>0.492</b>	<b>0.549</b>	<b>0.604</b>	<b>0.657</b>	<b>0.709</b>	<b>0.758</b>
33	vtcc	0.174	0.277	0.377	0.475	0.569	0.659	0.746	<b>0.830</b>	<b>0.911</b>	<b>0.989</b>	<b>1.064</b>	<b>1.137</b>
	vtsc	0.135	0.217	0.298	0.378	0.454	0.528	0.600	<b>0.669</b>	<b>0.735</b>	<b>0.800</b>	<b>0.863</b>	<b>0.923</b>
36	vtcc	0.207	0.330	0.450	0.567	0.679	0.786	0.890	<b>0.990</b>	<b>1.087</b>	<b>1.180</b>	<b>1.270</b>	<b>1.357</b>
	vtsc	0.162	0.260	0.358	0.453	0.544	0.633	0.719	<b>0.801</b>	<b>0.881</b>	<b>0.959</b>	<b>1.034</b>	<b>1.107</b>
39	vtcc	0.244	0.389	0.531	0.668	0.800	0.927	1.049	<b>1.167</b>	<b>1.280</b>	<b>1.390</b>	<b>1.496</b>	<b>1.599</b>
	vtsc	0.191	0.308	0.423	0.535	0.644	0.749	0.850	<b>0.948</b>	<b>1.043</b>	<b>1.134</b>	<b>1.223</b>	<b>1.309</b>
42	vtcc	0.285	0.453	0.618	0.778	0.932	1.080	1.222	<b>1.359</b>	<b>1.492</b>	<b>1.620</b>	<b>1.743</b>	<b>1.863</b>
	vtsc	0.224	0.360	0.495	0.626	0.753	0.875	0.994	<b>1.108</b>	<b>1.219</b>	<b>1.326</b>	<b>1.430</b>	<b>1.530</b>
45	vtcc	0.329	0.523	0.713	0.897	1.075	1.246	1.410	<b>1.569</b>	<b>1.722</b>	<b>1.869</b>	<b>2.012</b>	<b>2.150</b>
	vtsc	0.259	0.417	0.573	0.725	0.872	1.014	1.151	<b>1.283</b>	<b>1.412</b>	<b>1.536</b>	<b>1.656</b>	<b>1.772</b>
48	vtcc	0.376	0.598	0.816	1.027	1.230	1.425	1.613	1.795	<b>1.970</b>	<b>2.139</b>	<b>2.302</b>	<b>2.460</b>
	vtsc	0.297	0.479	0.658	0.832	1.000	1.163	1.321	1.473	<b>1.620</b>	<b>1.763</b>	<b>1.900</b>	<b>2.034</b>
51	vtcc	0.427	0.680	0.927	1.166	1.397	1.619	1.832	2.038	<b>2.237</b>	<b>2.429</b>	<b>2.614</b>	<b>2.793</b>
	vtsc	0.339	0.545	0.749	0.947	1.140	1.325	1.505	1.678	<b>1.845</b>	<b>2.008</b>	<b>2.165</b>	<b>2.317</b>
54	vtcc	0.482	0.767	1.046	1.315	1.576	1.826	2.067	2.299	<b>2.523</b>	<b>2.740</b>	<b>2.949</b>	<b>3.151</b>
	vtsc	0.383	0.617	0.847	1.072	1.289	1.499	1.702	1.898	<b>2.088</b>	<b>2.271</b>	<b>2.449</b>	<b>2.621</b>
57	vtcc	0.540	0.860	1.172	1.475	1.767	2.047	2.318	2.578	<b>2.830</b>	<b>3.072</b>	<b>3.307</b>	<b>3.533</b>
	vtsc	0.431	0.693	0.953	1.205	1.449	1.686	1.914	2.134	<b>2.348</b>	<b>2.554</b>	<b>2.753</b>	<b>2.947</b>
60	vtcc	0.602	0.959	1.308	1.645	1.970	2.284	2.585	2.876	3.156	3.426	<b>3.688</b>	<b>3.941</b>
	vtsc	0.482	0.775	1.065	1.348	1.621	1.885	2.140	2.387	2.625	2.856	<b>3.079</b>	<b>3.295</b>
63	vtcc	0.669	1.064	1.451	1.826	2.187	2.534	2.869	3.192	3.503	3.803	<b>4.093</b>	<b>4.374</b>
	vtsc	0.536	0.863	1.185	1.499	1.803	2.097	2.381	2.655	2.921	3.177	<b>3.426</b>	<b>3.666</b>

\* números en negritas indican tamaño de árboles medidos.

**EFFECTOS DE LA INTENSIDAD Y OPORTUNIDAD DE RALEO EN *Pinus taeda* L. SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MADERA EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA**

**EFFECTS OF INTENSITY AND OPPORTUNITY THINNING ON THE WOOD PRODUCTION OF *Pinus taeda* L. IN THE NORTHWEST MISIONES PROVINCE, ARGENTINA**

**Crechi Ernesto<sup>1</sup>; Keller A.<sup>1</sup>; Fassola H.<sup>1</sup>; Fahler J.<sup>2</sup>; Maletti R.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Técnicos Área Forestal. INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. TEL/FAX: 54-03751-480057/480512. E-mail: ecrechi@montecarlo.inta.gov.ar

<sup>2</sup> Profesional independiente. E-mail: jorgecarlosfahler@gmail.com

<sup>3</sup> Técnico Forestal. Lipsia S.A. E-mail: rmaletti@lipsia.com.ar

### **Resumen**

Este trabajo tiene por objetivo, analizar un experimento de modalidades de raleo con *Pinus taeda* L. origen Columbia, instalado en bloques completos al azar con 2 niveles de intensidad y testigos, 3 niveles de oportunidad y 3 repeticiones. Los tratamientos de intensidad fueron definidos por el área basal, y caracterizados en: sin raleo (testigo) y raleos del 33 y 66% del área basal del testigo; los 3 tratamientos de oportunidad fueron definidos con una periodicidad de 2, 4 y 6 años. Se observaron diferencias significativas en la producción en volumen total hasta los 21 años de edad, consecuencia de la aplicación de diferentes intensidades de raleo. Mientras el volumen total fue proporcional a la densidad de la plantación, los volúmenes parciales para diámetros en punta fina crecientes resultaron inversamente proporcionales a la densidad.

**Palabras clave:** pino taeda, raleo, intensidad, producción en volumen.

### **Summary**

The objective of this work was to analyze an experiment of thinning modalities with *Pinus taeda* L. origin Columbia, installed in complete random blocks with 2 levels of intensity and 3 of opportunity in 3 repetitions. The intensity treatments were defined by the basal area, and characterized in: without thinning and 33 and 66 % thinning of the total basal area. The 3 opportunity treatments were defined with thinning at 2, 4 and 6 years intervals. Significant differences were observed in volume production at the 21 years, consequence of the application of different intensities of thinning. Whereas the total volume production was proportional to the density, the partial volume to rising diameter in fine tip, was inversely proportional to the density.

**Key words:** loblolly pine, thinning, intensity, volume production

## Introducción

*Pinus taeda* L., es la especie forestal dentro de los pinos resinosos con mayor superficie implantada en la provincia de Misiones, principalmente en la zona centro-norte donde se la implanta mayoritariamente a otras especies forestales. Es una especie que se caracteriza por poseer buenos crecimientos y en consecuencia respuestas adecuadas a los tratamientos silviculturales tales como podas y raleos. En cuanto a su forma, se han logrado en los últimos años resultados en mejoramiento genético importantes, que hacen que hoy los crecimientos sean acompañados también con formas más adecuadas del fuste. Su implantación que tradicionalmente respondía a emprendimientos productivos forestales puros, pasó también a ser una especie adecuada a otros objetivos, entre ellos los silvopastoriles, que combinan carne con madera de alta calidad.

Uno de los principales objetivos del manejo es dirigir la producción de un rodal de tal modo de maximizar la producción de los bienes establecidos como producción objetivo (maximizar volumen total, volumen de madera gruesa, de forraje bajo cubierta forestal, etc.). En lo que hace a esquemas de manejo orientados a la producción de madera para las industrias del aserrado y debobinado, aún no se tenía certeza de qué intensidad de raleos aplicar para la zona y con qué frecuencia, por lo que en el año 1994 se instaló un ensayo de raleo para la cuantificación del crecimiento y la producción bajo distintos esquemas de manejo. Si bien existen antecedentes experimentales de raleos en la zona (Volkart, 1972) (Cozzo, 1970, 1972) (Crechi *et al.*, 2001 a, 2001 b; 2004, 2004 a, 2004 b, 2009, 2012) (Keller *et al.*, 2006), recién ahora y después de años de mediciones podemos afirmar que para esta especie en Misiones estamos en una etapa de poder dar respuestas a diferentes objetivos de producción basados en este tipo de estudios. El ensayo instalado es una adaptación de lo sugerido por Fishwick (1974). El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados sobre producción en volumen total de madera y para diferentes destinos industriales de *Pinus taeda* L. origen Columbia hasta los 21 años de edad, como respuesta a la aplicación de diferentes intensidades y oportunidades de raleo.

## Materiales y métodos

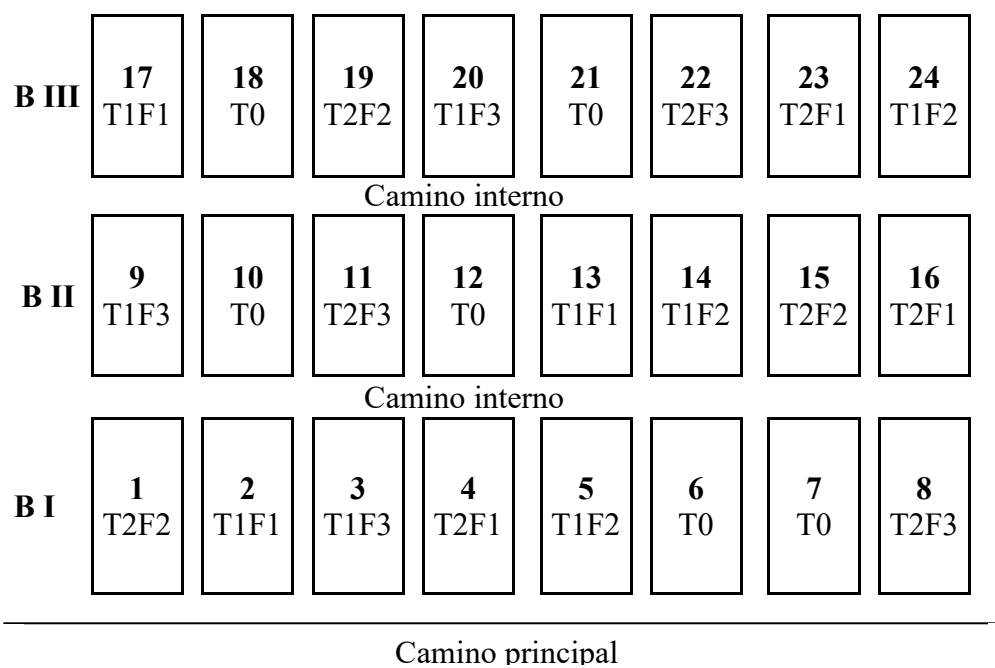
**Localización del ensayo:** El ensayo se encuentra localizado en Campo Elena (25°58'39,75" Latitud Sur y 54°22'39,1" Longitud Oeste; a 250 msnm), propiedad de la empresa LIPSIA, en Puerto Esperanza, Departamento Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina.

**Descripción del ensayo:** Instalado en 1992, en una plantación de *Pinustaeda* origen Columbia, de 5 años de edad, con una densidad de plantación de 1736 pl/ha (2,4 m x 2,4 m). Tamaño de parcela de 864 m<sup>2</sup>, superficie total de 5 has. Diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones.

## Tratamientos:

- **intensidad:** T0: 0% sin raleo (área basal máxima), I1: 33% de T0 (del valor de T0 determinado previamente), I2: 66% de T0 (condiciones similares a crecimiento libre).
- **oportunidad:** F1: cada 2 años (tal vez técnicamente ideal, pero antieconómico), F2: cada 4 años (intermedio similar al actualmente usado), F3: cada 6 años (económicamente preferible pero tal vez impracticable para las condiciones locales de rápido crecimiento).

Considerando la naturaleza factorial del ensayo, las combinaciones de las intensidades y frecuencias u oportunidades se presentan en la **Figura 1**.



**Figura 1: Esquema de los distintos tratamientos de raleo aplicados.**  
**Figure 1: Picture of different thinning treatments applied**

**Mediciones, análisis de datos y ejecución de raleos:** En cada oportunidad se realizó mediciones del dap de todos los árboles vivos y la altura de una muestra de 10 árboles por cada parcela, con la finalidad de ajustar una ecuación que permita estimar la altura de todos los árboles de la parcela. Fueron realizadas cada 2 años a partir de su instalación, es decir, a los 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 y 21 años.

**Raleo:** El tipo de raleo aplicado fue por lo bajo, con el siguiente orden de extracción: árboles muertos y moribundos, árboles dominados, árboles sub-dominantes competitivos, árboles codominantes defectuosos (bifurcados y quebrados) y en las parcelas más intensamente raleadas se extrajeron también algunos co-dominantes competitivos y algunos dominantes a los efectos de su distribución. Los raleos fueron efectuados en forma inmediata ó como máximo hasta un mes después de las mediciones.

**Volumen individual ( $V_{cc}$ ,  $m^3$ ) y volumen total ( $V_{tcc}$ ,  $m^3/ha$ ):** Los volúmenes totales fueron calculados a partir de la ecuación para determinar  $V_{cc}$  para cada uno de los árboles vivos de la parcela, y luego fueron convertidos a valores por hectárea para obtener el  $V_{tcc}$ . Dichos resultados fueron obtenidos a través del Sistema de Procesamiento de Datos de Parcelas e Inventario del INTA EEA-Montecarlo (Fassola et al. 2005), con funciones matemáticas especie-específicas incorporadas al efecto.

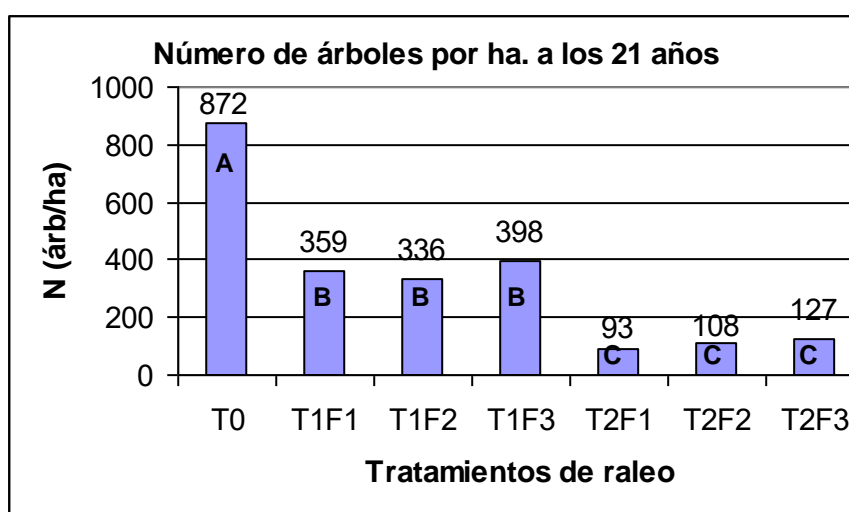
**Volumen total con corteza presente (Vtcc, m<sup>3</sup>/ha) y acumulado (Vtccac, m<sup>3</sup>/ha), para diferentes destinos industriales y volumen del árbol promedio (vap, m<sup>3</sup>):** El volumen total con corteza acumulado (Vtccac) obtenido hasta los 21 años de edad para cada uno de los tratamientos de raleo, expresados en metros cúbicos por hectárea (m<sup>3</sup>/ha), fue calculado como las existencias por hectárea presente a los 21 años más lo extraído en cada raleo (5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 y 19 años). El volumen total acumulado para diferentes destinos industriales se calculó también como el presente en pie a los 21 años más el correspondiente extraído en los raleos. El volumen del árbol promedio (vap) fue calculado como el cociente entre el Vtcc (m<sup>3</sup>/ha) presente en pie a los 21 años y el número de árboles vivos de la parcela a esa misma edad, para cada uno de los tratamientos de raleo. Se realizó el análisis de varianza con un programa estadístico empleando en la prueba de “F”, valores críticos al 5 %. Posteriormente se aplicó la prueba de Tukey para probar la significancia de todos los contrastes entre pares de promedios de tratamientos, con valores críticos al 5 %. En los gráficos abajo presentados, los tratamientos con igual letra, no presentan diferencias estadísticas significativas al 95%.

## Resultados y discusión

*La expresión gráfica del efecto de los tratamientos para cada una de las variables analizadas se muestra en las Gráficos que a continuación se presentan.*

**Número de árboles por hectárea:** En el **Gráfico 1**, se observa el número de árboles presente a los 21 años, como consecuencia de la aplicación de diferentes intensidades y oportunidades de raleo, con una marcada tendencia decreciente hacia los tratamientos con raleos más intensos.

Se observa como los tratamientos comienzan a agruparse en dos grupos diferentes, siendo los mismos función de la intensidad de raleo no así de su oportunidad. Uno de ellos agrupa a los tratamientos de raleos suaves (T1) mientras que el otro agrupa los tratamientos de raleos fuertes (T2), mientras el testigo (T0) es el que presenta mayor valor. Esto muestra como la intensidad de raleo afectó la producción en término de número de árboles por hectárea.



**Gráfico 1: Número de árboles por hectárea a los 21 años**  
**Figure 1: Number of trees per hectare at age 21**

**Diámetro promedio a 1,3 m (dap):** En el **Gráfico 2**, se observan los resultados que muestran la existencia de diferencias significativas entre los diámetros promedios de los tratamientos, indicando la influencia del raleo sobre el crecimiento diamétrico. La comparación de los diámetros promedios mostró que el mayor diámetro obtenido fue en el tratamiento con mayor intensidad y menor oportunidad de raleo, presentando a los 21 años, un valor próximo a los 55 cm. La comparación entre los demás promedios de los tratamientos, muestra una reducción del diámetro con el aumento de la densidad en número de árboles por hectárea.

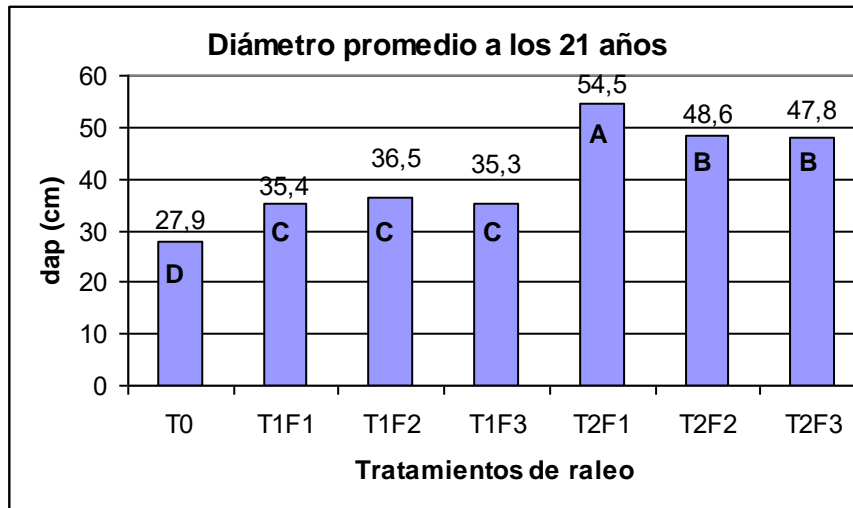


Gráfico 2: Dap promedio presente a los 21 años  
Figure 2: Average diameter at breast height at age 21

**Área basal (m<sup>2</sup>/ha):** En el **Gráfico 3**, se observa el efecto de la intensidad de los raleos sobre el área basal, presentando mayores valores acumulados de área basal en los raleos suaves y tendencias decrecientes hacia los raleos fuertes y más pronunciados hacia el testigo. En este último, el valor observado es consecuencia de la alta mortandad ocurrida a consecuencia de la competencia entre árboles de la misma especie, que hasta los 21 años supera el 50%. Por otro lado, no se observó diferencias significativas a consecuencia de las oportunidades de raleo.

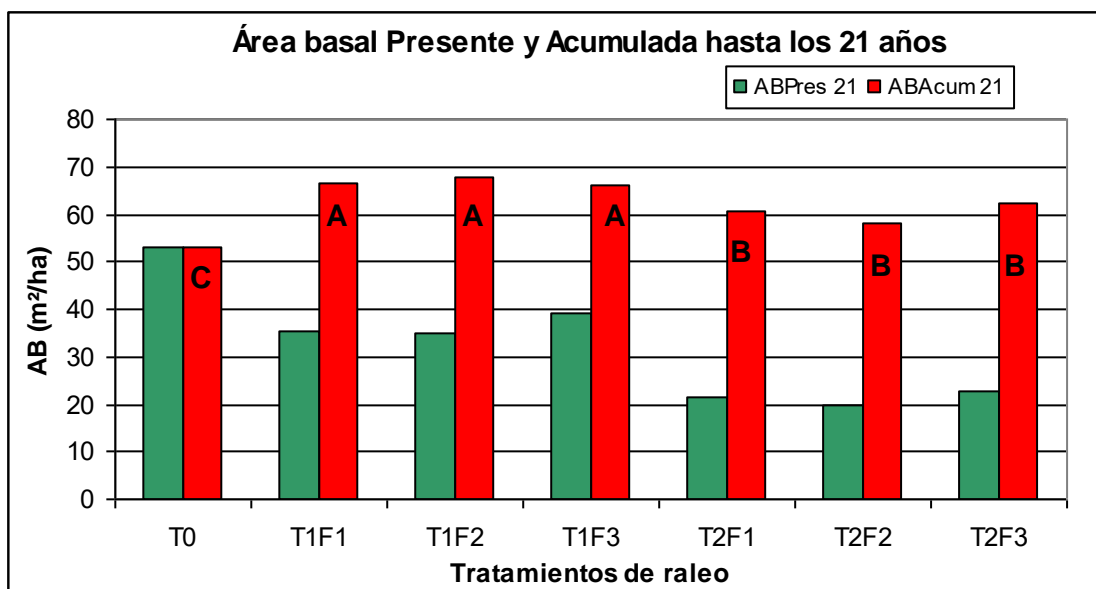
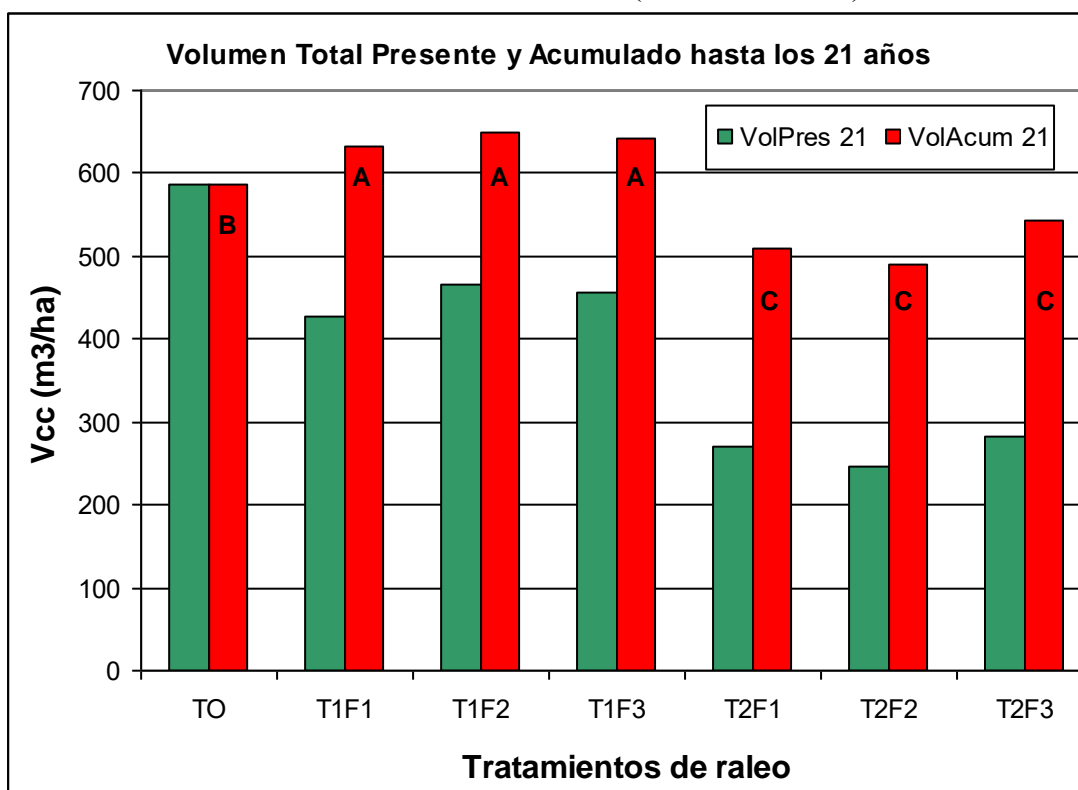


Gráfico 3: Área basal total acumulada y presente hasta los 21 años  
Figure 3: Total basal area accumulated and present up to 21 years

**Volumen total (m<sup>3</sup>/ha):** En el **Gráfico 4**, se observan los volúmenes comerciales totales con corteza presentes en pie a los 21 años (Vtcc21, m<sup>3</sup>/ha) y los volúmenes comerciales totales con corteza acumulados hasta los 21 años (Vtccac21, m<sup>3</sup>/ha).



**Gráfico 4: Volumen total acumulado y presente hasta los 21 años**  
**Figure 4: Total volume accumulated and present up to 21 years**

A simple vista se observa que los raleos fuertes independientemente de la frecuencia con que fueron realizados afectaron la producción total en términos de volumen. Por otro lado se observó, que los tratamientos con raleos suaves son los que presentaron los mayores volúmenes totales acumulados presentando diferencias significativas con los demás tratamientos, entre ellos incluido también el testigo.

**Volumen del árbol promedio (m<sup>3</sup>):** En el **Gráfico 5**, se observa el efecto de los diferentes tratamientos de raleo sobre el volumen del árbol promedio (vap, m<sup>3</sup>). En el mismo podemos apreciar como los tratamientos de raleos fuertes benefician el desarrollo individual del árbol, siendo las diferencias estadísticamente significativas en relación a los tratamientos de raleos suaves y al testigo sin raleo, aunque entre estos dos últimos tratamientos también se observó diferencias estadísticamente significativas, mostrando esto que el raleo aplicado, independientemente de su intensidad, benefició el desarrollo en volumen del árbol promedio (esto es válido aplicando el tipo de raleo efectuado, es decir, selectivo por lo bajo). Por otro lado, las tendencias muestran que el volumen del árbol promedio para una misma intensidad de raleo, es inversamente proporcional al intervalo entre raleos aplicados. Esto de alguna manera, muestra que si el objetivo de la forestación es la producción de volumen total sin importar dimensiones de los árboles, la realización o no de raleos suaves sería lo más conveniente; mientras que, si las dimensiones de los árboles importan, entonces la realización de raleos fuertes sería lo más conveniente, aún a costa de reducir volumen total.



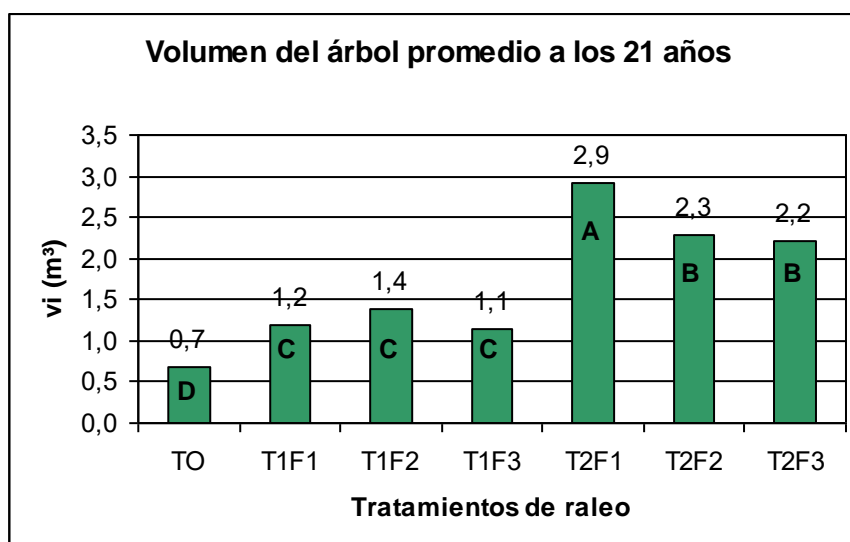


Gráfico5: Volumen total del árbol promedio a los 21 años  
Figure 5: Total average tree volume at age 21

Keller *et al* (2006) aconsejaron la aplicación de raleos fuertes y tempranos para favorecer el desarrollo de árboles individuales con destino a aserrado, laminado, etc., aprovechando que a edades tempranas la velocidad de crecimiento relativo es mayor (aceleración del crecimiento, tal lo citado por Schneider *et al*, 1991) y la oportunidad de concentrar estos incrementos en los mejores árboles se logra ejecutando los raleos más fuertes y a temprana edad, antes que decaiga el incremento corriente anual en volumen.

**Volumen total por destino hasta los 21 años:** En la **Tabla 1**, se presentan los largos y diámetros en punta fina de las trozas definidas para el trozado teórico, por destino, hasta los 21 años.

Tabla 1. Largos y diámetros en punta fina  
Table 1. Long and thin tip diameters

Poda	dpf (cm)	Destino	largo (m)	\$ en playa	\$ en pié
No	7-15.9	Pasta	2,2	118	14
No	16-24.9	Aserrado fino	3	180	80
No	25-34.9	Aserrado medio	3	230-265	147
No	35 a más	Aserrado grueso	3	350	260
Sí	35 a más	Laminado	2,25	400	310

En base a las restricciones presentadas en la Tabla 1, los volúmenes comerciales según destinosobtenidos son los presentados en los **Gráficos 6 y 7**.

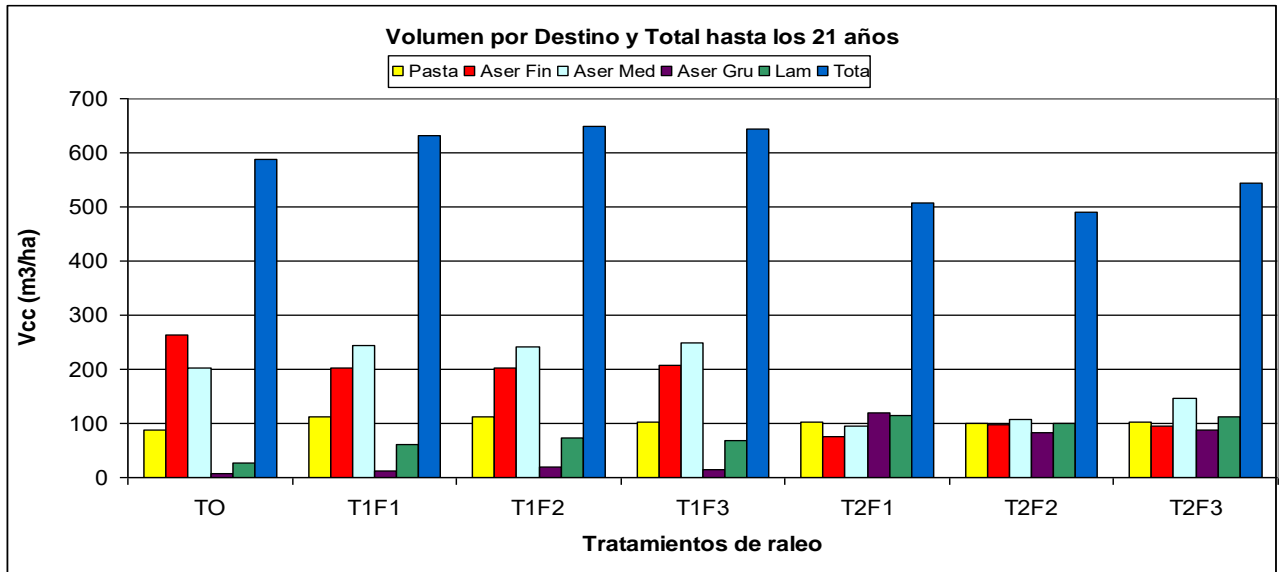


Gráfico6: Volumen total por clase de producto hasta los 21 años  
 Figure 6: Total volume per product to 21 years

En el **Gráfico 6**, es posible observar que la mayor proporción de volúmenes de aserrado fino y medio, se encontró en los tratamientos de raleos suaves y en el testigo comparativamente a los raleos fuertes, mientras que en estos últimos fueron los aserrables gruesos. Los volúmenes laminables se observan en mayor proporción en los tratamientos de raleos fuertes comparativamente a los suaves y al testigo. Prácticamente igual proporción de volúmenes de pasta se observan indistintamente en todos los tratamientos.

En el **Gráfico 7**, se observa que los mayores volúmenes totales producto de los raleos aplicados, como es de esperar, se dio en los tratamientos más intensos. Entre ellos, también se logró obtener productos laminables exclusivamente a diferencia de los demás tratamientos y mayor proporción de volumen de aserrable grueso. Los demás productos fueron similares en todos los tratamientos.

El hecho de contar con ingresos anticipados de productos de mayor diámetro y calidad, a partir de la aplicación de raleos más intensos y en un contexto de precios diferenciales, pueden resultar en un análisis económico-financiero favorable a los mismos.

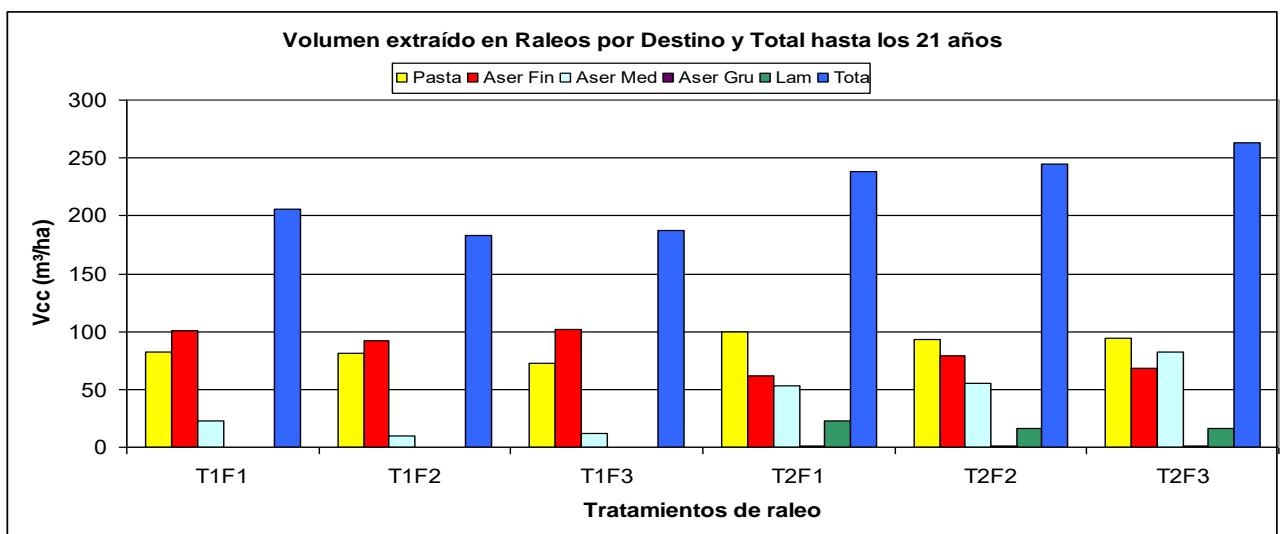


Gráfico 7: Volumen de raleos por producto hasta los 21 años  
 Figure 7: Volume thinning for each product to 21 years

## Conclusiones

Los raleos intensos promovieron una ganancia sustancial en el incremento y en la dimensión final del diámetro, aumentando la proporción en volumen de madera gruesa, pero, causando reducción de la producción volumétrica total del rodal.

No se observó diferencias en volumen total debido a la aplicación de diferentes oportunidades de raleo.

Si el objetivo es maximizar la producción del volumen total de madera, es recomendable la aplicación de raleos suaves ó dejar de hacerlos en la medida que se plante una densidad adecuada, acorde al turno y al producto deseado.

Si el objetivo es priorizar la producción del volumen de madera gruesa, con destino a aserrado, laminado, etc. la aplicación de raleos más intensos sería recomendable, tal lo demuestran los volúmenes de los árboles promedios.

## Bibliografía

- Cozzo, D. 1970. Diez años de ensayos con raleos en una nueva parcela experimental de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. Revista Forestal Argentina 14(2): 39-45.
- Cozzo, D. 1972. Resultados de un segundo período de raleos de 5 años en *Araucaria angustifolia*. Revista Forestal Argentina 16(1):5-12.
- Crechi E. H.; Friedl R. A.; Fernández R. A.; Dalprá L. 2001 a. Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. sobre el crecimiento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina". 2º Simposio Latino-Americano Sobre Manejo Forestal. UFSM. Pós Graduação em Engenharia Forestal. Santa Maria, Rs, Brasil. Actas p. 153-172.
- Crechi E. H.; Friedl R. A.; Fernández R. A.; Fahler J. C. 2001 b. Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Pinus taeda* L. sobre el crecimiento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina". 2º Simposio Latino-Americano Sobre Manejo Forestal. UFSM. Pós Graduação em Engenharia Forestal. Santa Maria, Rs, Brasil. Actas p. 189-210.
- Crechi E., Fassola H., Moscovich F., Fernández R., Domecq C., Hennig A., Hampel H., Maletti C., Pachas N., Keller A., Knebel O. 2004 a. Intensidad y oportunidad de raleo en *Grevillea robusta* A. Mejoramiento, silvicultura, manejo e industrialización de *Grevillea robusta*. Posadas, Mnes. INTA EEA Montecarlo y Bella Vista – Danzer Forestación S.A.
- Crechi E.; Moscovich, F.; Friedl R.; Fassola H.; Fahler J. 2004 b. Efectos de la intensidad del 1º raleo en *Pinuselliottii* var. *elliottii* x *Pinuscaribaeavar. hondurensis* sobre el incremento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina. En Actas CD: 11º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF Eldorado – INTA EEA Montecarlo. Eldorado, Misiones. 8 p.
- Crechi, E.; Fassola, H.; Moscovich, F.; Fernández, R.; Friedl, R.; Fahler, J. 2004. Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Pinus taeda* L. sobre la producción de madera en el noroeste de Misiones. Eldorado (Misiones): 11º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, en CD. 10 p.
- Crechi, E.; Keller, A.; Fassola, H.; Fernández, R.; Friedl, R. 2009. Disertante Sala Peteribí: Efectos del raleo sobre el crecimiento y la producción de madera de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. en el noroeste de Misiones, Argentina. Tema: 2. Produciendo para el desarrollo. Subtema: 2.4 Mantenimiento e incremento de la capacidad productiva de los bosques. Actas: 13º Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. 18-23/10/2009.
- Crechi, E.; Keller, A.; Fassola, H.; Fahler, J.; Maletti, R. 2012. EFECTOS DE LA INTENSIDAD DEL RALEO EN *Pinuselliottii* var. *elliottii* x *Pinuscaribaeavar. hondurensis* SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN EN EL NO DE MISIONES. Eldorado (Misiones): 15º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, en CD. 9 p.
- Fassola H., Crechi E., Keller A. 2005. "Sistema de procesamiento de parcelas experimentales y de inventario forestal". INTA EEA-Montecarlo, Misiones. Tecnologías de la Información para el Sector Forestal. Revista idia XXI, Forestales, p. 53-56.
- Fishwick, R. Pesquisa de intensidad de desbaste. Revista Floresta, Vol. 5, número 1, año 1974, pág. 35-45. Proyecto BRA-45(FAO/IBDF).
- Keller, A.; Crechi, E.; Fassola H.; Fernández, R.; Moscovich, F. 2006. Efectos de la intensidad del 1º raleo en *Grevillea robusta* A. sobre el crecimiento y la producción en el sur de Misiones, Argentina. En Actas CD: 12º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF Eldorado – INTA EEA Montecarlo. Eldorado, Misiones. 12 p.
- Schneider, P.R., Finger, C.A.G., Cozer, E. 1991. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: SIMPOSIO DE MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, Santa Maria. Anais Esteio: UFSM. P.150-167.
- Volkart, C. M. 1972. Raleos en *Araucaria angustifolia*. Segunda contribución sobre un ensayo realizado en Misiones, Argentina. Actas del Séptimo Congreso Forestal Mundial. Argentina. Pág. 1876-1885.

**EFFECTO DE LA DENSIDAD FINAL SOBRE RENDIMIENTOS POR CATEGORIAS DE PRODUCTOS ASERRABLES Y PULPABLE EN PINO HIBRIDO F2 (*Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) A LOS 20 AÑOS DE EDAD**

**EFFECTS OF DENSITY SPACING ON F2 HYBRID PINE YIELD (*Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) AT 20 YEARS OF AGE**

**Kurtz, Valentín D.<sup>1</sup>; Sánchez Sergio D.<sup>2</sup>; Korth, Silvia M.<sup>3</sup>; Reis, Hugo D.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal, EEA Cerro Azul, Centro Regional Misiones-INTA. E-mail: kurtz.valentin@inta.gob.ar

<sup>2</sup> Estudiante, Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado, Misiones, Argentina. E-mail: sersanz02@gmail.com

<sup>3</sup> Docente. Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado, Misiones, Argentina. E-mail: silviakorth@hotmail.com

<sup>4</sup> Ingeniero Forestal, Pindó S.A. Juan domingo Perón 303, Pto Esperanza (N3378BUA), Misiones, Argentina– E-mail: hugoreis@grupopindo.com.ar

**Resumen**

Con el objetivo de evaluar en tres densidades finales el rendimiento de productos aserrables y pulpable en una plantación de pino híbrido F2 (*Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) a los 20 años de edad; se instaló un ensayo en la propiedad de la empresa PINDO S.A., localizado en Pto. Esperanza, Dto. Iguazú, Misiones, Argentina. Se trabajó con tres tratamientos, T1: 252 pl.ha<sup>-1</sup>; T2: 300 pl.ha<sup>-1</sup> y T3: 352 pl.ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos luego de la cosecha final fueron: T1: 409,3 tn.ha<sup>-1</sup>; T2: 515,3 tn.ha<sup>-1</sup> y T3: 570,8 tn.ha<sup>-1</sup>. Concluimos que productos aserrables: rollos gruesos y medio gruesos, T2 y T3 obtuvieron los mayores rendimientos respectivamente; mientras que para la categoría pulpable no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos.

**Palabras clave:** cosecha, categoría de rollos

**Summary**

With the objective of evaluate yield timber products and pulpwood in a F2 hybrid pine plantation, (*Pinus elliotii* var. *elliotii* x *pinus caribaea* var. *hondurensis*), with three different final densities at 20 years of age; essay was installed on a site of the company PINDO SA, located in Puerto Esperanza, Iguazú, Misiones, Argentina. We worked with three treatments, T1: 252 pl.ha<sup>-1</sup>; T2: 300 pl.ha<sup>-1</sup> and T3: 352 pl.ha<sup>-1</sup>. The results obtained after the final harvest were: T1: 409.3 tn.ha<sup>-1</sup>; T2: 515.3 tn.ha<sup>-1</sup> and T3: 570.8 tn.ha<sup>-1</sup>. We conclude that timber products: medium thick and thick rolls, T2 and T3 respectively obtained the highest yields; while for category pulpable no significant differences between treatments were obtained.

**Key word:** harvest, categories of timber.

## Introducción

La Republica Argentina actualmente cuenta con alrededor de 1.200.000 ha de bosques cultivados, donde un 54% corresponde a las especies del genero *Pinus*, debido principalmente a la gran aptitud, rápido crecimiento y excelente trabajabilidad de su madera (AFoA, 2012). En la provincia de Misiones la superficie total implantada llega a las 365.000 hectáreas las cuales el 82,81% corresponden al género *Pinus* (SIFIP, 2010); y de esta, gran mayoría comprende a forestaciones con *Pinus taeda*. Como alternativa a los géneros de pinos ya conocidos, ha surgido un gran interés en un híbrido con atributos de crecimiento y forma, utilizada actualmente como forestación pura y en sistemas agroforestales como los silvopastoriles.

El pino híbrido ha sido desarrollado en Australia en la década del 50', producto de la cruce controlada entre *Pinus elliottii* var. *elliottii* y *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; fue reconocido en el mundo y en la región por sus atributos de crecimiento, rectitud de fuste, caracteres de su copa y en su producción en diferentes sitios marcando diferencias frente a otras especies (Gauchat *et al.* 2005). En la Argentina se introdujo la especie en la década del 80' desde Australia y de forma comercial a partir del 90' con semillas F2 (Barret *et al.* 1991); (Bunse, 2003). En el año 1997 el INTA, (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), empezó con los primeros ensayos de producción en diferentes sitios con *P. taeda*, *P. elliotti*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, incluyendo al P. híbrido de origen australiano dando como resultado este último un alto potencial de crecimiento y forma de fuste (Pahr *et al.* 2002; Cappa *et al.* 2012).

En todas las plantaciones con especies forestales, el objetivo es obtener los máximos rendimientos en productos aserrables. Para Crechi *et al.* (2008), la producción de una población forestal es determinada por la calidad del material genético (especie, origen, procedencia y el nivel de mejora), factores climáticos, edáficos y topográficos, cuya interacción representa el concepto de calidad de sitio; la densidad inicial y los tratamientos silviculturales aplicados (limpieza, raleos, podas, fertilización entre otros).

Según Daniel *et al.* (1982), la densidad de plantación es un factor de suma importancia después de la calidad de sitio debido a su influencia en la producción forestal y por ende en el rendimiento, teniendo como ventaja que puede ser manejada por el silvicultor durante el desarrollo de la plantación mediante el raleo. Este tratamiento implica la disminución de la densidad de una plantación mediante la eliminación de ciertos árboles y la redistribución del crecimiento del rodal en una menor cantidad de árboles. Tiene como objetivo disminuir la competencia intraespecífica para maximizar el crecimiento de los mejores árboles del rodal, de forma tal de obtener árboles de mayor tamaño en menos tiempo del que se obtendrían de una plantación no raleada (Daniel *et al.*, 1982; West, 2006).

Debido a esto la densidad condiciona en gran medida la calidad y cantidad de productos con destino al aserrado, debobinado y pulpado a obtener en las plantaciones forestales.

Los antecedentes de estudios de densidad y producción realizados con el género *Pinus* corresponden a ensayos con *Pinus taeda*, (Crechi *et al.*, 2000) y *Pinus elliottii*, (Rebotaro y Cabrelli, 2007); respecto al pino híbrido se realizaron estudios a través del INTA a partir del año 1997, ensayos de raleo y su influencia en el incremento y la producción (Crechi *et al.* 2004) demostrando que es una especie con buenos atributos para su plantación.

La empresa PINDO S.A. fue una de las primeras en realizar plantaciones de pino híbrido F2; en ese entonces en 1992, la región no disponía con suficiente información sobre el comportamiento de la especie, como tratamientos silviculturales y densidades óptimas en los turnos de corta. En el año 2000 La Agencia de Extensión Rural-INTA con sede en la localidad de Eldorado, Misiones decide conjuntamente con la empresa instalar el ensayo de las parcelas de experimentación adaptativa en una plantación de 8 años de edad, siendo ésta la primera experiencia estudiada en un ciclo de 20 años.

El objetivo del presente estudio fue determinar y evaluar en tres densidades finales, el rendimiento de productos aserrables y pulpable en una plantación de pino híbrido F2 (*Pinus elliotti* var. *elliotti* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*) a los 20 años de edad.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de estudio:**

El estudio se realizó en un predio perteneciente a la empresa PINDO S.A., ubicado en la localidad de Pto. Esperanza, Provincia de Misiones, Argentina, cuya localización geográfica, (26° 01' 50" LS y 54° 34' 42" LO). La plantación se instaló sobre un suelo rojo profundo que según el relevamiento de suelos del INTA (1990), para la provincia de Misiones se encuentra dentro del orden taxonómico Ultisoles, Kandudultes ródico, compuesto por suelos rojos profundos, son bien drenados, sumamente profundo, muy fuertemente ácidos. Posee baja dotación en nutrientes y buenas condiciones físicas para el desarrollo del sistema radical, (Atlas de Suelo de la República Argentina, 2012).

El clima subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o per húmedo con régimen uniforme, características pertenecientes a la región climática 5 (Golfari, 1965).

### **Material experimental:**

Se utilizaron plantines producidos a partir de semillas de procedencia australiana, de un huerto semillero productor de semilla F2. La implantación se realizó en el año 1992; con un espaciamiento de 3 x 2 m, lográndose una densidad inicial de 1666 pl.ha<sup>-1</sup> (plantas por hectárea).

### **Tratamientos silvícolas:**

Las operaciones de poda se ejecutaron en tres oportunidades y de manera uniforme en todos los individuos que integran las parcelas del ensayo. La primera operación se realizó a los 4 años de edad a una altura promedio de 2,20 m; la segunda ejecutada a los 5 años de edad a una altura promedio de 4 m y la tercera operación de poda, realizada a los 6 años de edad a una altura de 6 m.

Previo al ensayo se ejecutó el primer raleo comercial a los 5 años de edad, método selectivo por lo bajo, disminuyendo la densidad promedio de la plantación de 1506 pl.ha<sup>-1</sup> con un área basal de 27,7 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> a 758 pl.ha<sup>-1</sup> llevando el área basal a 14,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> (intensidad aproximada del 50%).

### **Tratamientos experimentales aplicados:**

A los 8 años de edad se dio inicio al ensayo, subdividiendo a la plantación en parcelas experimentales de 2700 m<sup>2</sup> de superficie, con el objetivo de redistribuir aleatoriamente tres tratamientos de densidad con sus respectivas réplicas. En el segundo raleo se ha disminuido paulatinamente la densidad de la plantación por el método selectivo por lo bajo. En la **tabla 1** se refleja la situación de la plantación antes y después del raleo en los distintos tratamientos.

**Tabla 1: Situación de la plantación del pino híbrido a los 8 años de edad, Puerto Esperanza, Misiones.**  
**Table 1: Situation planting of hybrid pine at 8 years old, Puerto Esperanza, Misiones.**

Tratamiento	Parcelas	Densidad por Hectárea					
		Sin raleo		Extracción		Remanente	
		n° arboles	AB*	n° arboles	AB*	n° arboles	AB*
T1	2	678	27.45	245	9.41	433	18.04
	6	689	30.14	330	11.98	359	18.16
T2	1	726	28.37	245	8.38	481	19.99
	5	730	30.95	263	10.90	467	20.05
T3	3	600	25.68	96	3.61	504	22.07
	4	663	29.48	163	7.46	500	22.02

\*AB: área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )

La **tabla 2** refleja la ejecución del tercer y último raleo, a la edad de 13 años; por el método selectivo por lo bajo y selectivo por forma, donde se determinaron las densidades finales según los tratamientos, T1: 252 pl. $ha^{-1}$ ; T2: 300 pl. $ha^{-1}$  y T3: 352 pl. $ha^{-1}$ .

**Tabla 2: Situación de la plantación del pino híbrido a los 13 años de edad, Puerto Esperanza, Misiones.**  
**Table 2: Situation planting of hybrid pine at 13 years old, Puerto Esperanza, Misiones.**

tratamiento	parcelas	densidad por Hectárea					
		Sin raleo		Extracción		Remanente	
		n° arboles	AB*	n° arboles	AB*	n° arboles	AB*
T1	2	415	34.78	163	12.51	252	22.27
	6	352	35.32	100	9.07	252	26.25
T2	1	474	38.85	174	12.5	300	26.35
	5	463	38.01	163	11.47	300	26.54
T3	3	478	39.82	126	9.12	352	30.70
	4	474	40.52	122	8.92	352	31.60

\*AB: área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )

### Toma de datos:

A los 20 años y previo a la cosecha final del ensayo se realizaron mediciones de diámetro a la altura de pecho (d.a.p.) y altura total (h.t.) a fin de realizar una caracterización biométrica. La **tabla 3** expresa el comportamiento y la situación de la plantación antes de la tala raza.

**Tabla 3: Caracterización biométrica previo a la cosecha de la plantación a los 20 años de edad, Puerto Esperanza, Misiones.**

**Table 3: Biometric characterization at 20 years old before harvest, Puerto Esperanza, Misiones.**

Tratamientos	Parcelas	Datos Biométricos				
		N° arb. $ha^{-1}$	AB*	d.a.p.*	ht*	Volumen*
T1	2	241	29,20	39,00	31,10	446,50
	6	241	33,26	41,50	31,30	514,50
T2	1	300	37,00	39,00	29,40	536,00
	5	296	39,63	40,80	31,40	618,00
T3	3	341	43,91	39,70	31,50	688,50
	4	333	42,74	39,90	31,30	666,00

\*AB: área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) \*ht: altura total promedio (cm)

\*Volumen: ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) \*d.a.p: diámetro promedio (m)

Para la determinación y evaluación de rendimientos de los tratamientos, se procedió a la cosecha de la plantación experimental. Para ello la empresa PINDO S.A. facilitó un equipo de trabajo conformado por 6 motosierristas; un responsable de clasificación de trozas por categorías; un Skidder (tractor forestal articulado para la extracción), un trineumático (clasificador), una cargadora (montado sobre un tractor agrícola) y dos camiones (con chasis-acoplado).

Una vez apeados y desramados los árboles, inmediatamente los fustes fueron llevados a las playas de acopio por parcela, donde se procedió la marcación, trozado y apilado por categorías, luego al traslado a la báscula para su pesaje. Las categorías se hicieron en base a las dimensiones estándar del mercado local y el producto pulpable de acuerdo a las exigencias de la empresa A.P.S.A. (Alto Paraná S.A.); (**ver tabla 3**). Los productos extraídos fueron pesados inmediatamente en la báscula de las respectivas empresas. Las variables respuestas del ensayo fueron las siguientes: toneladas totales; toneladas por categorías aserrables (grueso, medio grueso, mediano, fino) y pulpable por tratamiento.

**Tabla 3: Categorías de los productos según diámetros en punta fina y largos.**  
**Table 3: Products categories according diameters fine tip and longs.**

Productos	Categorías	diámetro en punta fina (cm)	largo (pies)
Aserrable	grueso	$\geq 35$	12; 14; 16
	medio grueso	30 a 34	12; 14; 16; 18
	mediano	25 a 29	10; 12
	fino	18 a 24	10; 12
Pulpable	.....	< 18	l.v.

lv: longitud variable

#### **Análisis estadístico de los datos:**

*Cada tratamiento de densidad fue aplicado de manera aleatoria y replicada a las parcelas experimentales. A fin de probar el efecto de la densidad sobre las diferentes variables respuesta se aplicó un Análisis de Variancia (ANOVA) y posteriores contrastes de medias usando el test de Tukey (Pimentel Gomes, 1978) en caso de existir diferencias estadísticamente significativas. Además se probaron los supuestos que sustentan la técnica de ANOVA. Los datos fueron analizados estadísticamente con el software INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2012).*

### **Resultados y Discusión**

#### **Rendimiento total en toneladas por unidad de superficie ( $\text{tn}\cdot\text{ha}^{-1}$ )**

A pesar de que los tratamientos T3:  $252 \text{ pl}\cdot\text{ha}^{-1}$  y T2:  $300 \text{ pl}\cdot\text{ha}^{-1}$  hayan generado diferentes rendimientos totales en toneladas en términos numéricos no se obtuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). El tratamiento de menor densidad final develó un rendimiento promedio significativamente menor respecto de los dos anteriores. Se probaron los supuestos que sustentan la metodología de análisis detectándose muy leves diferencias del supuesto de homocedasticidad. En la **tabla 4** se expresan los valores promedios de rendimiento, y su correspondiente grupo estadístico.



**Tabla 4: Rendimiento total promedio según tratamiento de densidad.**  
**Table 4: Total average yields according to density treatment.**

Tratamiento	Medias
T3: 350 pl.ha <sup>-1</sup>	570.8 a
T2; 300 pl.ha <sup>-1</sup>	515.32 a
T1: 250 pl.ha <sup>-1</sup>	409.37 b

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

El experimento no genera resultados estadísticamente significativos y suficientes para concluir que existen diferencias entre T2 y T1 cuando se evalúan como variables respuesta los rendimientos para las categorías aserrable grueso y fino. Sin embargo numéricamente hay diferencias entre los tratamientos, encontrándose que T2 genera un mayor rendimiento tanto en la categoría grueso como fino, seguidamente por T1 y finalmente T3, que entrega aproximadamente la mitad del rendimiento respecto de primero. En la **tabla 5** se expresan los valores promedios de rendimientos y su correspondiente grupo estadístico.

**Tabla 5: Rendimiento total promedio según categoría: grueso y fino.**  
**Table 5: Total average yield by categories: thick and fine.**

Tratamiento	Grueso (tn/ha)	Fino (tn/ha)
T2; 300 pl.ha <sup>-1</sup>	134.09 a	64.07 a
T1: 250 pl.ha <sup>-1</sup>	118.76 a	60.37 a
T3: 350 pl.ha <sup>-1</sup>	61.17 b	33.35 b

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

Si verificamos los resultados del análisis de variancia y los contrastes de media para las categorías aserrable mediano grueso y mediano así como la categoría pulpable se puede concluir que el rendimiento para la categoría mediano grueso y mediano se ve influenciado significativamente por la densidad final. En estos casos se identifica un ordenamiento decreciente de los resultados medidos en toneladas por hectárea a medida que va disminuyendo el nivel del factor densidad. Para el rendimiento en la categoría mediano grueso T3 presenta diferencia significativa respecto a T2 y T1 y en categoría mediano existen diferencias significativas entre T3 y T1. En la **tabla 6** se expresan los valores promedios de rendimientos y su correspondiente grupo estadístico.

**Tabla 6: Rendimiento según categorías: mediano grueso, mediano y pulpable según tratamiento.**  
**Table 6: Yield by categories: medium thick, medium and pulpwood as treatment.**

Tratamiento	Mediano Grueso (tn/ha)	Mediano (tn/ha)	Pulpable (tn/ha)
T3: 350 pl.ha <sup>-1</sup>	215.63 a	171.39 a	58.74 a
T2; 300 pl.ha <sup>-1</sup>	131.87 b	130.75 ab	51.54 a
T1: 250 pl.ha <sup>-1</sup>	107.89 b	97.71 b	47.67 a

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

Analizando los resultados obtenidos de los tratamientos T3 y T2, se obtuvieron los mejores rendimientos totales. Pero si consideramos las distintas categorías de productos aserrables, observamos que T2 produce mayor cantidad en la categoría de rollos gruesos, por ello analizando la relación entre las toneladas totales y por categorías de los rollos se devela que la relación positiva está dada en el tratamiento T2, obteniendo el mayor rendimiento la en categoría de rollos gruesos. Cabe señalar que el T3 obtuvo una diferencia significativa en toneladas respecto a T2 en la categoría mediano grueso. Por ello podríamos plantear que el objetivo de producción de rollos aserrables es el que definiría la decisión de la densidad final.

## Conclusión

En las condiciones estudiadas se concluye que la densidad final de una plantación de pino híbrido F2, con el fin de obtener productos aserrables en un turno de 20 años, no debería ser inferior a 300 pl.ha<sup>-1</sup>.

## Agradecimientos

Se agradece a la empresa PINDO SA por habernos facilitado la instalación, mediciones y mantenimiento del ensayo, así mismo proveer el equipo y personal necesario para la cosecha y transporte de los productos forestales.

## Bibliografía

- Asociación Forestal Argentina. AFoA 2012.** Bosques de Cultivos. 17 de Julio de 2012. Argentina. [Http://afoa.org.ar/](http://afoa.org.ar/)
- Barrett, W. H.; Danner, S. M.; Henning, A. 1991.** Híbridos de *P. elliotii* var *elliottii* x *caribaea* var *hondurensis* en cultivos en el norte de la Provincia de Corrientes, Argentina. Jornadas sobre *Pinus caribaea*, Centro de Investigación y Experiencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. 25-26 de Abril de 1991. Pp 107-111.
- Bunse, G. 2003.** *Pinus híbridos* en la Provincia de Corrientes, Argentina. Jornadas Técnicas Forestoindustrial. Híbridos de PEEXPCH, INTA EEA, Montecarlo, LIPSIA SA, Pto Esperanza, Misione, Argentina. 22 de Agosto de 2003.
- Crechi, E.; Moscovich, F.; Friedl, R.; Fassola, H.; Fahler, J. 2004.** Efectos de la intensidad del 1° raleo en *Pinus elliotii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sobre el incremento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina. XI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.
- Crechi, E. H.; Fassola, H. E.; Friedl, R. A.; Fernandez, R. A.; Fahler, J. C. 2000.** Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Pinus taeda* L. sobre el crecimiento y la producción hasta los 13 años de edad, en el Departamento Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina. 10° Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA.
- Crechi, E.H.; Friedl R.A.; Fernández R.A. 1992.** Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Pinus taeda* L. Actas Jornadas sobre pinos subtropicales. Tomo I, 92:110. CIEF. Eldorado, Misiones Argentina.
- Daniel, P. W.; Helms, V. E.; Baker, F. S. 1982.** Principios de Silvicultura. México: Mc-Graw Hill. 492
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W.** InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Gauchat, M. E.; Rodríguez, G. H.; Belaber, E.; Bischoff, D. 2005.** Híbridos de Alta Productividad, Combinando Crecimiento y Forma. Revista IDIA XXI: N° 8, Julio de 2005, pp 162-164.
- Pahr, N. P.; Gauchat, M. E.; Sorge F.; Rodríguez, G. H. 2002.** Ensayo comparativo de Pinos subtropicales mejorados, en NO de Misiones, Argentina. Novenas Jornadas Forestales, INTA-FCF-MEyRNRyT; Mayo de 2002, Eldorado, Misiones, Argentina.
- Pimentel Gomes, F. 1978.** Curso de Estadística Experimental. Edición en español. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 323 pp.
- Rebottaro, Silvia L; Cabrelli, Daniel A. 2007.** Crecimiento y rendimiento comercial de *Pinus elliotii* en plantación y en regeneración natural manejada con raleos en Entre Ríos, Argentina. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Dasonomía. [Http://www.scielo.cl/scielo](http://www.scielo.cl/scielo).
- Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial. SIFIP 2010.** Inventario Forestal de la Provincia de Misiones. Ministerio del Agro y la Producción, Provincia de Misiones, Argentina.
- Soil Survey Staff. 1987.** Keys to soil taxonomy. Technical Monography 6.
- Suelos de la República Argentina. 2013.** SAGyP – INTA – Proyecto PNUD ARG/85/019. Con la participación del Instituto de Suelos y EEAs del INTA. [Http:// http://geointa.inta.gov.ar/](http://http://geointa.inta.gov.ar/)

**AJUSTE DE FUNCIONES DE CRECIMIENTO PARA *Pinus Elliottii* Engelm. DEL BOSQUE COMUNAL DE LA LOCALIDAD DE SAN BASILIO, CÓRDOBA, ARGENTINA**

**FUNCTIONS ADJUST FOR GROWTH OF A *Pinus Elliottii* Engelm. COMMUNAL FOREST OF THE TOWN OF SAN BASILIO CORDOBA, ARGENTINA**

**Fiandino Santiago I.<sup>1</sup>; Plevich J. O.<sup>2</sup>**

Dpto. de Producción Vegetal - Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Nacional De Río Cuarto.  
Ruta Nac. N° 36, Km 601 - 5800 Río Cuarto.

<sup>1</sup>Ing. Agr. Becario de CONICET, Área de Dasonomía, FAV, UNRC. [santifiandino@hotmail.com](mailto:santifiandino@hotmail.com)

<sup>2</sup>M Sc. Ing. Agr. Prof. Asociado del Área de Dasonomía, FAV, UNRC. [oplevich@ayv.unrc.edu.ar](mailto:oplevich@ayv.unrc.edu.ar)

**Resumen**

El objetivo de este trabajo fue ajustar funciones de crecimiento como base para determinar el momento y la intensidad apropiada de las intervenciones forestales en un bosque comunal de *Pinus elliottii* Engelm. El bosque consta de tres hileras de pinos que conforman una cortina dispuesta a la vera de la ruta nacional 24. Se delimitaron 10 parcelas de muestreo a lo largo de la cortina y se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los 180 árboles que contenían las mismas. Se realizaron estudios dendrocronológicos con el fin de parametrizar 9 modelos matemáticos de regresión no lineal, donde el modelo Logístico con corrimiento fue el de mejor ajuste con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,902. A partir de dicha función se pudo determinar que será necesario realizar raleos que permitan disminuir el área basimétrica en un 28-48%, obteniendo a partir de los mismos 81-150 tn de madera.

**Palabras clave:** bosque comunal, estudios dendrocronológicos.

**Summary**

The aim of this study was to parameterize growth functions as a basis to determine the appropriate timing and intensity of forest interventions in a community forest of *Pinus elliottii* Engelm. The forest consists of three rows of pine trees that form a curtain disposed at the side of National Highway 24. Through the simple random method of sampling 10 plots were delimited along the curtain, and diameter at breast height (DBH) was measured of the 180 trees contained in each plot. Dendrochronological studies were performed in order to parameterize 12 mathematical models by the nonlinear regression method, where the Logistic model with shift was the best fit with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.902. From this function was possible to determine that thinning will be needed in order to decrease the basal area by 28-48%, obtaining from the same 81-150tn of wood.

**Key words:** communal forest, dendrochronological studies.

## Introducción

El municipio de San Basilio, implantó a la vera de la ruta 24 un bosque comunal de *Pinus elliottii* Engelm. Este emprendimiento surge a partir de la necesidad de crear nuevos puestos de trabajo en la localidad, generar ingresos futuros y embellecer el paisaje de llanura.

En este tipo de macizos forestales el cumplimiento de estos fines, solo es posible de lograr, cuando sobre ellos se aplican tratamientos silviculturales que permitan mantener el crecimiento de los árboles, el recurso escénico y obtener productos comercializables a partir de las cortas parciales (Davis y Johnson, 1987).

Para determinar el crecimiento y el desarrollo de los individuos de una masa forestal en los diferentes períodos de vida se considera el análisis del tronco o fuste, que consiste en la medición de cierto número de secciones transversales del mismo (Imaña y Encinas, 2008). El patrón de crecimiento de los árboles se establece normalmente a partir de la identificación y recuento de los anillos que aparecen en la madera. Estos anillos corresponden a las diferentes características ópticas de la madera temprana y la tardía: las células de la madera tardía generalmente son más pequeñas y tienen una pared más gruesa que las de la madera temprana, lo que les da una densidad mayor y, por tanto, un color más oscuro (Gené *et al.*, 1993).

La mayoría de los árboles de las zonas templadas presentan anillos de crecimiento fácilmente detectables. A través de su análisis, se puede conocer la edad y la velocidad de crecimiento de las especies arbóreas y dar pautas sobre sus posibles turnos de cortabilidad (Moglia *et al.*, 2010).

La información sobre la dinámica del crecimiento en el bosque comunal de San Basilio se encuentra ausente, por ello el propósito de este trabajo final fue realizar un inventario que permitiera ajustar funciones de crecimiento conocidas en el ámbito forestal como base para determinar el momento y la intensidad apropiada de las intervenciones forestales que permitan alargar el período de servicios (valor escénico del bosque) y cuantificar la cantidad de madera producto de esas intervenciones.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la localidad de San Basilio, al sur de la provincia de Córdoba y al sureste del departamento Río Cuarto. La plantación consta de tres hileras de *Pinus elliottii* Engelm. que conforman una cortina dispuesta a la vera de la ruta nacional 24, ocupando una superficie total de 9 hectáreas. El marco de plantación es de 4 x 4 metros (m), siendo la densidad de plantas de 625 por hectárea.

Se muestreó un 3,2 % de la superficie total de la plantación, delimitando de manera aleatoria 10 parcelas de muestreo a lo largo de la cortina, con una superficie de 288 m<sup>2</sup> cada una. Se midieron 18 árboles por parcela, siendo muestreados en total 180 individuos, a los que se les midió el DAP con cinta dendrométrica bajo estructura de muestreo aleatorio simple.

Con esta información se determinó la cantidad de muestras mínimas que representan a la población (Freese, 1967).

Debido a que, las variaciones en anchuras sucesivas de los anillos de crecimiento (expresadas en porcentaje) se encuentran de manera idéntica en todos los troncos originados en una misma región (Atalaya, 2000), se puede tener una representación precisa del crecimiento de la población realizando el análisis fustal de una cantidad pequeña de individuos. Por lo tanto, se optó por analizar el crecimiento en volumen (m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> ind<sup>-1</sup>) de los tres árboles que representan la variabilidad y la tendencia central en la población bajo análisis, estos son el árbol de mayor DAP, el árbol medio y el árbol de menor DAP.

Se procedió entonces a aprear estos tres árboles, seccionándolos en rollizos de alrededor de 2 m. De cada rollizo se obtuvo una rodela (secciones transversales) de 5 a 10 cm de espesor (Prodan *et al.*, 1997).

De la lectura de los anillos a lo largo del fuste se obtuvo el crecimiento en diámetro (mm) para cada año de crecimiento de los árboles bajo estudio. La altura se estimó partir de la proyección del crecimiento de los radios de los anillos (Y) vs altura que alcanzan en el fuste (X) cuando el radio tiende a cero. Con esta información se calcularon los volúmenes aparentes, a partir de los cuales se obtuvieron las proporciones acumuladas de crecimiento, dividiendo el crecimiento acumulado durante cada año por el crecimiento acumulado total.

Para comprobar que las proporciones de crecimiento de los árboles seleccionados (árbol de diámetro mínimo, medio y máximo) fueran semejantes, se utilizó un método cualitativo (gráfico) y otro cuantitativo (análisis del Coef. de variación).

Utilizando el coeficiente de forma (Cf), se obtuvieron los volúmenes reales comerciales de cada individuo que compone la muestra. Para determinar el Cf se debió calcular el volumen real comercial de los árboles seleccionados mediante la ecuación de cubicación de Smalian.

Estos volúmenes fueron multiplicados por las proporciones anuales de crecimiento y se obtuvo la producción de madera para cada año de vida de los árboles. Con estos valores fueron ajustadas nueve funciones de crecimiento utilizadas en el campo forestal (Tabla 1).

Las estimaciones de los parámetros del modelo de volumen forestal se realizaron por el método de mínimos cuadrados ordinarios, empleando el procedimiento iterativo de Gauss–Newton. La comparación de las estimaciones de los modelos basó en el estudio de cuatro estadísticos: el error cuadrático medio (*CME*), que analiza la precisión de las estimaciones, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que indica bondad de ajuste (Kiviste *et al.*, 2002), el criterio de información de Akaike (*AIC*) y el criterio de información bayesiano (*BIC*).

**Tabla 1 - Funciones de crecimiento utilizadas en el campo forestal (Kiviste *et al.*, 2002).**  
**Chart 1 - Growth functions used in forestry.**

Función	Expresión
Logística	$Vol*ha^{-1} = a/(1+b*exp(-g*año))$
Logística con corrimiento	$Vol*ha^{-1} = a/(1+b*exp(-g*año))+d$
Logística derivada	$Vol*ha^{-1} = a*b*g*exp(-g*año)/sqr(1+b*exp(-g*año))$
Gompertz	$Vol*ha^{-1} = a*exp(-b*exp(-g*año))$
Gompertz con corrimiento	$Vol*ha^{-1} = a*exp(-b*exp(-g*año)) + d$
Verhulst – Logística	$Vol*ha^{-1} = a/1+exp(b-c*año)$
Hossfeld I	$Vol*ha^{-1} = año^2/(a+b*año+c*año^2)$
Smalian	$Vol*ha^{-1} = año/(a+b*año+c*año^2)$
Gemesi	$Vol*ha^{-1} = exp(año/(a+b*año))-1$

A partir de la determinación de la función que ajustó de mejor manera al crecimiento biológico de la especie en la situación bajo estudio, se obtuvo el incremento corriente anual (*ICA*) y el incremento medio anual (*IMA*) que permiten establecer el valor máximo técnico, que representa un óptimo biológico de la especie en estudio.

El *ICA* está representado por el crecimiento ocurrido entre el inicio y el final de la estación de crecimiento, en un periodo de 12 meses. Por otra parte, el *IMA* expresa el crecimiento anual, que resulta del cociente entre el valor total acumulado de la variable considerada, en un determinado tiempo de su evolución desde su origen, y su edad en dicho momento (Amo y Nieto, 1983; Imaña y Encinas, 2008).

Con el propósito de determinar la intensidad y periodicidad de dichas intervenciones, se construyó una curva que relaciona la densidad del rodal expresada en área basal ( $m^2 ha^{-1}$ ) con la tasa de crecimiento de la misma variable expresada como el incremento del área basal ( $m^2 ha^{-1} año^{-1}$ ) desde el momento de la implantación.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la medición de los radios de los anillos de crecimiento para cada año de edad de la plantación se representaron de manera gráfica en los **gráficos 1a, 1b y 1c**.



Gráficos 1a, 1b y 1c – Representación del fuste de los árboles dominante, promedio y suprimido, con los radios de los anillos de crecimiento medidos en laboratorio.

Figures 1a, 1b y 1c – Representation of the shaft of the large, medium and small trees with the radius of the growth rings measured in the laboratory.

A partir de los radios y alturas de los anillos, se obtuvieron los volúmenes acumulados ( $m^3$ ) y se calculó el coeficiente mórfico para los tres árboles teniendo en cuenta la cantidad de madera comerciable, obteniendo como resultados: 0,35, 0,37 y 0,47 para los árboles dominante, intermedio y suprimido respectivamente.

Los resultados muestran que los árboles dominante e intermedio tienen un coeficiente mórfico muy similar y se diferencian del árbol suprimido.

Las proporciones acumuladas de crecimiento se presentan en el **gráfico 2**.

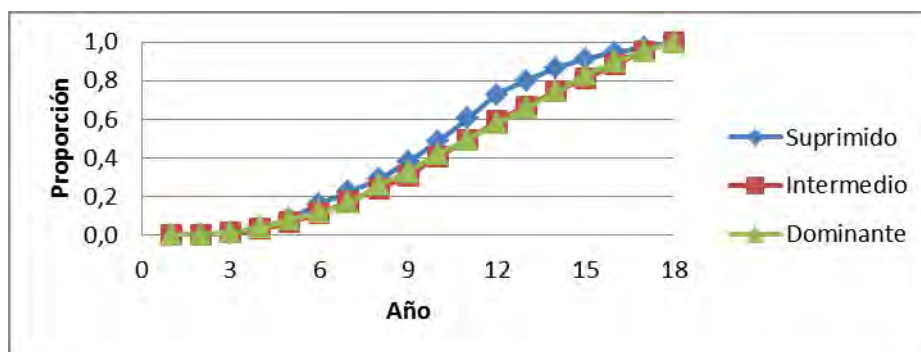


Gráfico 2 – Comparación de las proporciones anuales del crecimiento para los tres árboles apeados.

Figure 2 - Comparison of annual growth ratios for the three felled trees.

El cálculo de las proporciones permite comparar la evolución en el crecimiento de cada uno de los árboles en un sitio homogéneo y durante los mismos años, es decir, experimentando condiciones climáticas y ambientales idénticas.

La información ofrecida en el gráfico 2 indica que los árboles intermedio y dominante tienen una distribución de las proporciones de crecimiento muy similar a través de los años. Esta observación coincide con lo expresado por Atalaya (2000), quien señaló que las variaciones en anchuras sucesivas se encontraban de manera idéntica en todos los troncos originados en un mismo tipo de sitio.

El árbol suprimido muestra un patrón diferente en su crecimiento, acumulando un volumen mayor en los primeros años. Este individuo acumuló el 80% de su volumen total en el año 13, cuando para ese momento los otros dos árboles habían acumulado 67% (intermedio) y 66% (dominante). Esta diferencia puede ser atribuible a que los árboles suprimidos, presentan copas por debajo del nivel general del “techo” del bosque, razón por la cual se encuentran en desventaja para competir por la luz, los nutrientes y el agua con el resto de los árboles (Espinoso y Muñoz, 2000).

Por las razones expuestas, se desestimó la información generada a partir del árbol suprimido y se trabajó con los datos generados a partir de los árboles intermedio y dominante. A través del análisis del coeficiente de variación entre las proporciones de los árboles intermedio y dominante, se obtuvo que, a partir del año cuatro, los valores de CV comienzan a ser menores al 20% y siguen decreciendo hasta hacerse menores al 5,5% a partir del año seis, siendo estos valores más que aceptables cuando se trabaja con organismos vivos.

Se estimó el volumen real de madera de los individuos que conforman la muestra para cada año y se ajustaron nueve funciones de crecimiento utilizando el volumen del rodal como variable dependiente y la edad como predictora. En la **tabla 2** se muestran los resultados obtenidos en el análisis de las funciones con el software estadístico Infostat (Di Rienzo, 2013) y el complemento estadístico de Microsoft Excel XLSTAT.

**Tabla 2 - Nivel de significación estadística en la determinación de los parámetros.**

**Chart 2 - Statistical significance in the determination of the parameters.**

FUNCIÓN	P-VALOR				CM Error	R <sup>2</sup>	AIC	BIC
	ALFA	BETA	GAMA	DELTA				
Logística	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----	0,006	0,900	-	-
Logística con corrimiento	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,007	0,006	0,902	-	-
Logística derivada	Sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Gompertz	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----	0,01	0,902	-	-
Gompertz con corrimiento	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,7192	0,01	0,902	-	-
Verhulst - Logística	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----	0,01	0,890	sd	sd
Hossfeld I	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----	0,01	0,902	-	-
Smalian	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-----	0,01	0,899	-	-
Gemesi	<0,0001	<0,0001	----- ---	-----	0,01	0,883	-	-

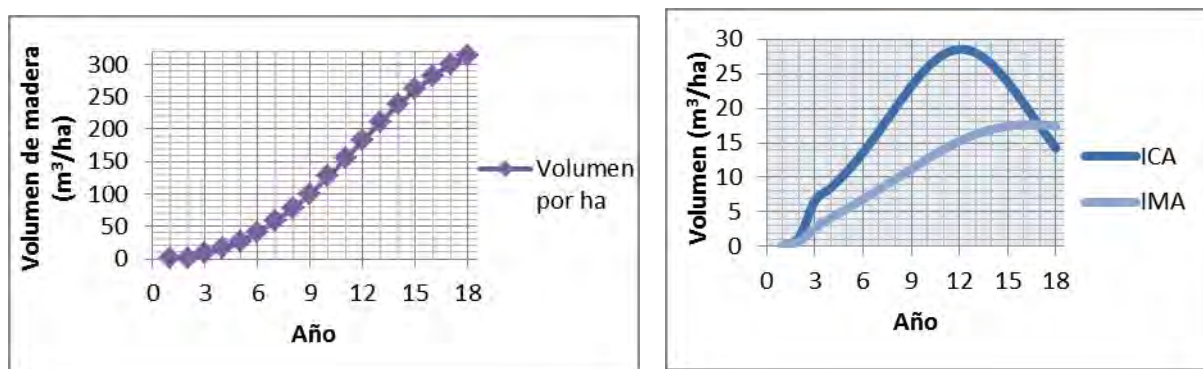
sd: sin datos; AIC: criterio de Akaike; BIC: criterio bayesiano; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación; CMError: error medio cuadrático.

Se optó por la función Logística con corrimiento (**Tabla 3**), dado que además de presentar el mejor  $R^2$ , el menor  $CMError$  y bajos valores de  $AIC$  y  $BIC$ , es la función que mejor se ajusta al crecimiento en los primeros años del rodal, lo cual fue observado al comparar los gráficos obtenidos a partir de cada una de las funciones parametrizadas.

**Tabla 3 - Valor y significación de los parámetros para el modelo Logístico con corrimiento.**  
**Chart 3 - Value and significance of the parameters for the logistic model with shift.**

Parámetro	ALFA	BETA	GAMMA	DELTA
Estimación	0,61	32,51	0,3	-0,03
P - value	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	0,007

Se estimó el volumen de madera acumulado para cada uno de los 18 años desde la implantación del bosque (**Gráfico 3a**), y se calcularon el incremento de biomasa anual medio (*IMA*) y el incremento anual corriente (*ICA*), (**Gráfico 3b**).



**Gráficos 3a y 3b - Volumen de madera acumulado por año y por hectárea de bosque, y valor máximo técnico determinado a partir del incremento de biomasa anual medio (*IMA*) y del incremento anual corriente (*ICA*) en función de la edad de la plantación.**

**Figures 3a y 3b - Accumulated volume of wood per year and per hectare of forest, and maximum technical value determined from particular average annual biomass increment (*IMA*) and current annual increment (*ICA*) based on the age of the plantation.**

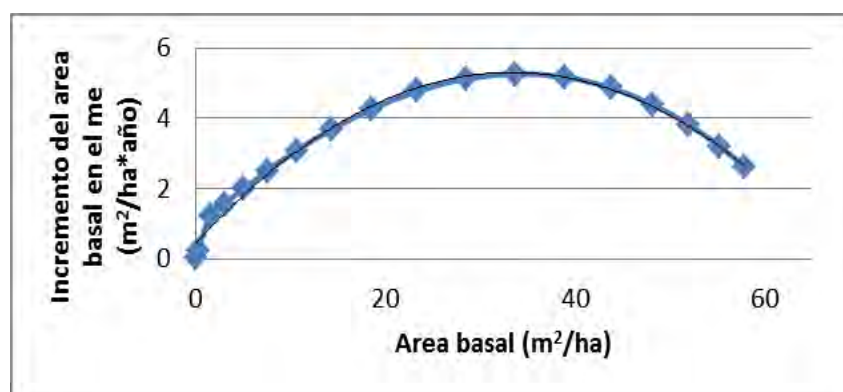
Al analizar el gráfico se observa que el *ICA* aumenta desde el primer año hasta el año 12, llegando a un valor máximo de  $28,53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Hasta ese momento parece no existir limitación alguna al crecimiento, es decir, el mismo depende del potencial biótico del individuo. Prieto y López, (1993), consideran que en este tramo el peso del factor positivo es mayor que el de las restricciones, por lo que el crecimiento se dispara; a partir del año 13 el *ICA* comienza a disminuir llegando a  $14,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en el año 18. Para Kiviste *et al.* (2002) esto se debe a las restricciones impuestas por el entorno, tales como la competencia entre las plantas, la limitación de recursos y el estrés, y a la propia condición de la planta producto de los mecanismos de autorregulación del crecimiento y envejecimiento. Cuando el *ICA* es mayor que el *IMA* es señal de que el volumen de madera por hectárea por año está creciendo; pero cuando el *ICA* comienza a disminuir hasta que se iguala al *IMA* indica que se ha alcanzado el valor máximo de producción forestal por unidad de área o máximo técnico (Prieto y López, 1993; Imaña y Encinas, 2008). En el caso que nos ocupa, el *ICA* iguala al *IMA* en el año 17.



A raíz de lo expuesto, resulta necesario establecer tratamientos silvícolas que permitan retomar el crecimiento a los individuos que componen el rodal. Con el propósito de determinar la intensidad y periodicidad de dichas intervenciones, se realizó una curva que relaciona la densidad del rodal expresada en área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) con la tasa de crecimiento de la misma variable expresada como el incremento del área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ) desde el momento de la implantación (**Gráfico 4**).

Como se observa en la gráfica, el incremento anual del área basal por hectárea llega a un máximo de  $5,26 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  a los 12 años de implantado el rodal. A partir de ese momento, la competencia por los recursos entre los individuos genera que los incrementos anuales vayan decreciendo año a año, siendo necesaria una intervención que disminuya la competencia y permita incrementar la tasa de crecimiento de la plantación.

Según Vita Alonso (1978) el crecimiento de las masas forestales tiende a permanecer constante para una amplia gama de densidades. Esto implica que pueden realizarse raleos sobre una base más o menos intuitiva sin riesgo de causar daños irreparables o de apartarse demasiado de un programa óptimo que podría eventualmente establecerse.



**Gráfico 4 - Relación entre el incremento del área basal por año y el área basal por hectárea.**  
**Figure 4 - Relationship between basal area increment per year and basal area per hectare.**

Lo antedicho queda demostrado al analizar el **gráfico 11**, en donde se observa que con densidades de entre  $18\text{-}48 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  de área basal el incremento anual de la misma se mantiene en valores superiores a  $4,2 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ .

Se plantearon dos alternativas de manejo que difieren en la intensidad de raleo expresada a través del porcentaje de área basal removida. Dichas alternativas se presentan en la **tabla 4**.

**Tabla 4 - Alternativas de manejo propuestas.**  
**Chart 4 - Alternatives of proposed management.**

Alternativa	Extracción ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	% AB extraída	Remanente ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	Inc. AB luego del corte	DAP mínimo (corte)	% de plantas extraídas
1	27,93	48,25	29,95	5,21	36,46	54,49
2	14,93	25,79	42,95	4,82	33,76	33,33

AB: área bisimétrica.

La alternativa 1 propone realizar un raleo con una intensidad de extracción del 48,25% del área basal, siendo necesario extraer 27,93 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> para cumplir con dicho objetivo. Se cortarían todos aquellos árboles con un DAP menor a 36,46 cm, lo cual implica eliminar el 54,49% de los individuos. El incremento anual del área basal por hectárea en el primer año posterior al raleo sería de 5,21 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, siendo este valor muy cercano al máximo determinado. El volumen comercial de madera extraído sería de alrededor de 150 tn ha<sup>-1</sup>.

La alternativa 2 propone realizar un raleo con una intensidad de extracción del 25,79% del área basal, siendo necesario extraer 14,93 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> para cumplir con dicho objetivo. Se cortarían todos aquellos árboles con un DAP menor a 33,76 cm, lo cual implica eliminar el 33,33% de los individuos. El incremento anual del área basal por hectárea en el primer año posterior al raleo sería de 4,82 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, siendo este un valor intermedio entre el máximo determinado y el incremento actual sin intervención. El volumen comercial de madera extraído sería de alrededor de 81 tn ha<sup>-1</sup>.

La realización de alguna de las intervenciones propuestas permitirá alargar la vida útil de la cortina, sin que la producción de madera se vea resentida, dado que la producción en volumen cúbico total al término de la rotación, generalmente es similar en bosques que han sido raleados y en bosques que no lo han sido. Sin embargo, la proporción de volumen aserrable en los primeros es significativamente superior en relación a los segundos, dado que los árboles poseen diámetros mayores que permiten que la madera sea explotada y elaborada en forma más provechosa por los aserraderos (Vita Alonso, 1978).

## Conclusiones

Los resultados de los análisis en los anillos de crecimiento muestran una alta semejanza en las proporciones anuales de crecimiento entre los árboles intermedios, codominantes y dominantes.

El ajuste de la función Logística con corrimiento permitió estimar la producción de madera acumulada por hectárea de bosque a través de los años. Esta información resultó clave a la hora de definir las alternativas de manejo, dado que refleja la dinámica de crecimiento del rodal y permite tomar decisiones fundamentadas en base a indicadores confiables como son el valor máximo técnico y la relación entre el incremento del área basal por año vs. el área basal acumulada por hectárea.

El valor máximo técnico obtenido para la especie *Pinus elliottii* Engelm. creciendo en el bosque comunal de la localidad San Basilio fue alcanzado a cuando el rodal tenía una edad de 17 años.

Resulta indispensable realizar intervenciones que permitan a la plantación alcanzar nuevamente altas tasas de crecimiento y de esa manera prolongar la utilidad de la cortina en el tiempo. De acuerdo a lo observado, se debería extraer entre el 25,79% y el 48,25% del área basal del bosque para que el mismo pueda volver a crecer a tasas elevadas. Es conveniente decir que cualquiera de las dos alternativas propuestas permitirá que el rodal entregue una mayor producción volumétrica de madera a lo largo de la rotación (40-100 % superior) y permitirá anticiparse a las pérdidas por muerte y descomposición que son potencialmente peligrosas si se tiene en cuenta que la cortina se encuentra implantada a la vera de la ruta 24.

## Bibliografía

- ATALAYA, A. 2000. Los árboles: Archivos del tiempo. Dendrocronología. En: [www.infomadera.Net/uploads/articulos/archivo\\_2034\\_17591.pdf](http://www.infomadera.Net/uploads/articulos/archivo_2034_17591.pdf). Consultado: 8-9-2013
- DAVIS L. S. Y JOHNSON K. L. 1987. Forest management. Ed. Mc Graw-Hill. N. Y. EUA. 790 pp.
- DI RIENZO, J. A.; F. CASANOVES; M. G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C. W. ROBLEDO. 2011. *InfoStat, versión 2011*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 333 p.
- ESPINOSA BANCALARI, M. y F. MUÑOZ SAEZ. 2000. *Silvicultura Aplicada I: Apuntes de clase*. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Silvicultura. 129 p.
- FREESE, F. 1967. *Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales*. 1<sup>ra</sup> ed. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia Para el Desarrollo Internacional, EE.UU. 105 p.
- GENÉ, C.; J. M. ESPELTA; M. GRACIA y J. RETANA. 1993. Identificación de los anillos anuales de crecimiento de la encina (*Quercus ilex* L.). *Orsis* 8: 127-139.
- IMAÑA, E. y B. ENCINAS. 2008. *Edometría Forestal*. Brasilia: Universidad de Brasil, Departamento de Engenharia Florestal Merida: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales.
- KIVISTE, A.; J. G. ALVAREZ GONZÁLEZ; A. ROJO ALBORECA y A. D. RUIZ GONZÁLEZ. 2002. *Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid. España. Vol. 4.
- MOGLIA, J.; A. M. GIMÉNEZ; D. GONZÁLEZ y R. GEREZ. 2010. Caracterización de los anillos de crecimiento y su relación con la densidad básica de la madera en *Eucalyptus camaldulensis*. *Quebracho* 18 (1,2): 47-57.
- PRIETO RODRIGUEZ, A. y M. LOPEZ QUERO. 1993. *Manual de Ordenación de Montes*. Universidad Politécnica de Madrid. 261 p.
- PRODAN, M.; R. PETERS; F. COX y P. REAL. 1997. *Mensura forestal*. Proyecto IICA BMZ/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica.
- VITA ALONSO, A. 1978. *Los tratamientos silviculturales*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 234 p.

**INVENTÁRIO DE MATERIAL COMBUSTÍVEL EM POVOAMENTO DE *EUCALYPTUS* SPP. E *PINUS* SPP. DENTRO DO CÂMPUS DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – DOIS VIZINHOS**

**MATERIAL INVENTORY OF FUEL IN SETTLEMENT OF *EUCALYPTUS* SPP. AND *PINUS* SPP. INSIDE THE CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY FEDERAL PARANÁ - DOIS VIZINHOS**

**Cabreira<sup>1</sup>, Mariana Aparecida Fontana; Tavares<sup>2</sup>, Everton Lorenzetti, Vitorelo<sup>1</sup>, Ludian Carlos; Peres<sup>1</sup>, Matheus de Oliveira.**

1- Alunos de graduação em Engenharia Florestal da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos. e-mail: mahfontana@hotmail.com; ludianvitorelo@gmail.com; mperes51@hotmail.com

2- Aluno de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Guarapuava. E-mail: [evertontavares1@hotmail.com](mailto:evertontavares1@hotmail.com)

**Resumo**

Os incêndios florestais vêm ocorrendo com maior frequência nas estações de secas, onde o material combustível esta mais favorável a combustão. Sendo assim o presente estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Dois Vizinhos tendo como objetivo realizar o inventário de material combustível nos talhões de *Pinus* e *Eucalyptus* para determinar se existe a necessidade de intervenções no local. Foram instaladas na área de estudo área duas parcelas de 0,50m x 0,50m para cada grupo, totalizando-se 10 parcelas para a posterior inferência estatística. As mesmas foram distribuídas aleatoriamente, sendo coletado todo o material combustível em cada quadro. Concluiu-se que é necessária a queima controlada para ambos os talhões com o intuito de reduzir-se a quantidade de material combustível a fim de se diminuir os riscos de incêndios.

**Palavras chave:** Incêndio Florestal; Material combustível, queima controlada.

**Summary**

The forest fires have occurred with greater frequency in the stations of droughts, where combustible material this more favorable combustion. Thus, the present study was carried out in Federal Technological University of Parana - 2,300 m<sup>2</sup> Two Neighbors having as objective to carry out the inventory of combustible material in fields of *Pinus* and *Eucalyptus* to determine if there is a need for interventions on site. They were installed in the area of study area two installments of 0.50m x 0.50m for each group, totaling 10 plots for the subsequent statistical inference. They were randomly distributed, being collected all combustible material in each frame. It was concluded that it is necessary to controlled burning for both fields in order to reduce the amount of combustible material in order to reduce the risk of fires.

**Key words:** Forest Fire; Combustible material, controlled burning.

## Introdução

Os incêndios florestais ganham cada vez mais destaque na mídia em geral, sendo que os mesmos são resultantes de fenômenos naturais e também da imprudência humana, gerando prejuízos incalculáveis tanto para a natureza como para a humanidade.

A prevenção de incêndios engloba um conjunto de medidas técnicas e administrativas com o intuito de diminuir o risco de ocorrência de incêndios, sendo que para um maior segurança e eficiência das medidas preventivas, planos regionais e locais devem ser desenvolvidos (RIGESA, 2009).

Uma ferramenta considerada muito útil para se alcançar inúmeras metas no manejo florestal é o uso do fogo controlado, sendo este um agente natural na redução do material combustível, raleação e sucessão vegetal (SOARES, 1979).

A medição direta através de um inventário é considerada como a forma mais precisa de determinação da quantidade de material combustível em uma floresta, porém o período gasto para se realizar um inventário é muito longo, o que inviabiliza a utilização do mesmo quando se precisa saber a quantidade de combustível existente para se estimar a intensidade de um incêndio já iniciado (SOUZA, 2000).

Os modelos de combustível estimam a quantidade de material existente indiretamente em uma floresta, através de variáveis de fácil aquisição (SOUZA *et al*, 2003).

STANGERLIN *et al* (2007) considera que o acúmulo de material combustível em áreas reflorestas, especialmente de *Eucalyptus* sp., consiste num sério problema, pois aumenta consideravelmente o risco de incêndios florestais.

O presente trabalho tem como objetivo realizar o inventário de material combustível nos talhões de *Pinus* e *Eucalyptus* pertencentes à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – câmpus Dois Vizinhos e determinar se existe necessidade de prescrever uma queima controlada.

## Metodologia

O presente estudo foi realizado na área de reflorestamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Dois Vizinhos, Paraná, sendo avaliados os povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus* que juntos totalizam aproximadamente 0,65 hectare. O clima característico da região é o Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o verão com verões quentes. A região registra temperaturas médias anuais de 19°C e pluviosidade média de 2025 mm anuais (IAPAR, 2014). O solo é classificado como transição entre Latossolo, Nitossolo e Cambissolo (EMBRAPA, 2006), o relevo é constituído por planaltos com altitudes médias de 509 metros. O município de Dois Vizinhos localiza-se no terceiro planalto paranaense mais especificamente no Sudoeste do Estado do Paraná, com altitude média de 509 metros acima do nível do mar, latitudes entre 25° 45' 04" Sul e longitudes entre 53° 03' 05" Oeste- GR.

Nas referida área foram instaladas duas parcelas de 0,50m x 0,50m pelos cinco grupos de alunos, totalizando um total de 10 parcelas para a posterior inferência estatística. As mesmas foram distribuídas aleatoriamente, sendo coletado todo o material combustível em cada quadro.

Após a instalação da parcela, todo o material combustível que se encontrava dentro da medição estabelecida foi retirado e posteriormente classificado em quatro classes distintas (**Tabela 1**), utilizando um gabarito de diâmetros.

**Tabela 1 Classes de Material Combustível**  
**Table 1: Fuel Material Classes.**

Classes	Descrição
1	Diâmetro menor ou igual a 0,7 cm
2	Diâmetros entre 0,7 – 2,5 cm
3	Diâmetros entre 2,5 – 7,6 cm
4	Diâmetros superiores a 7,6 cm

Em seguida, com o auxílio de uma balança, ainda em campo, realizou-se a pesagem de cada uma das classes. De cada classe retirou-se uma sub-amostra de aproximadamente 100 gramas, sendo o material encaminhado para a estufa de circulação e renovação de ar a uma temperatura entre 70 a 80<sup>0</sup>C por aproximadamente 48hrs. De todas as amostras foram registrado a massa úmida e a massa seca.

Após a obtenção dos valores de massa seca e massa úmida, determinou-se o teor de umidade para cada classe, sendo que após esses resultados determinou-se a massa seca total da parcela amostrada. Com os resultados obtidos houve a extrapolação dos resultados do material combustível em toneladas/hectare.

A partir da obtenção dos dados dos demais grupos realizou-se a extrapolação dos mesmos para toneladas por hectare para possibilitar a inferência. Calculou-se também a média por classes bem como seus desvios padrões. Para maior confiabilidade do inventário realizou-se também cálculo de intervalo de confiança para ambos os talhões.

### Resultados e discussão

Com relação aos dados de material combustível em ambos os talhões, os mesmos pertenceram as classes de diâmetro 1, 2 e 3 conforme apresentado nas tabelas a seguir.

**Tabela 2: Dados do material combustível obtidos a campo no talhão de *Pinus* no câmpus da UTFPR**  
**Table 2: Data of combustible material obtained in the field stand of *Pinus* on campus UTFPR**

Material	Massa úmida (gramas)	Massa seca (gramas)	Classe
Acícula	203	-	1
Acícula	208	-	1
Acícula	125	-	1
Sub-amostra acícula	103	84	1
Gravetos	14	13	2
Gravetos	88	67	3

**Tabela 3: Dados do material combustível obtidos a campo no talhão de *Eucalyptus* no câmpus da UTFPR**  
**Table 3: Data of combustible material obtained in the field stand of *Eucalyptus* on campus UTFPR**

Talhão de <i>Eucalyptus</i>	Peso verde(gramas)	Peso seco (gramas)	Classe
Folhas	192	-	1
Sub-amostra folhas	104	90	1
Gravetos	82	78	2
Gravetos	71	69	3

A classe 1, que contém as folhas/acículas e gravetos mais finos, foi a que apresentou maior massa seca dentre as classes, sendo para *Pinus* 3,7 toneladas por hectare e para *Eucalyptus* 3,6 toneladas por hectare, o desvio padrão embutido foi, respectivamente, 0,29 e 0,07 toneladas por hectare.

O intervalo de confiança foi confeccionado tomando-se como base a média dos valores de todas as classes, tendo-se como limite inferior para *Pinus* 4,5 ton/ha e limite superior 11,5 ton/ha. Para *Eucalyptus* o limite inferior foi de 5,7 ton/ha e limite superior de 8,6 ton/ha.

STANGERLIN *et al.* (2007) encontraram valores de  $10,23 \pm 3,03$  Mg ha<sup>-1</sup> de material combustível correspondente a classe 1, em uma floresta de *Eucalyptus*.

Quanto ao teor de umidade, foi verificado um valor médio de 16,6% com desvio padrão de 14%. Os autores STANGERLIN *et al.* (2007) encontraram como teor de umidade valor superior, correspondente a 22,35%.

O presente trabalho encontrou valores de materiais combustíveis relativamente altos para ambos os talhões e teor de umidade relativamente baixo, recomenda-se geralmente a queima controlada para valores superiores a uma tonelada por hectare desses materiais.

## Conclusões

Recomenda-se, de acordo com os dados encontrados, a queima controlada para ambos os talhões com o intuito de reduzir-se a quantidade de material combustível a fim de se diminuir os riscos de incêndios.

## Referências bibliográficas

- EMBRAPA-CNPS- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2006. 412 p
- INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. Sistema de Monitoramento Agroclimático do Paraná. Disponível em: [www.iapar.br](http://www.iapar.br). Acesso em: 11/03/2014.
- RIGESA. PROTEÇÃO FLORESTAL: GUIA DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS. 2009. 16p.
- SOARES, Ronaldo Viana. PREVENÇÃO E CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 1979. 65p.
- SOUZA, Luiz Joaquim Bacellar de. MODELAGEM DE MATERIAL COMBUSTÍVEL EM PLANTAÇÕES DE *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden. Tese apresentada para obtenção de Doutor em Ciências Florestais. UFPR. Curitiba. 2000. 142p.
- SOUZA, Luiz Joaquim Bacellar de. SOARES, Ronaldo Viana. BATISTA, Antonio Carlos. MODELAGEM DE MATERIAL COMBUSTÍVEL EM PLANTAÇÕES DE PINUS TAEDA NO NORTE DE SANTA CATARINA. Revista Floresta. 2003. p 157-168.
- STANGERLIN, Diego Martins; HENNERICH, Maicon; GOMES, Fausto Alves; CALEGARI, Leandro; MELO, Rafael Rodolfo; GATTO, Darci Alberto. QUANTIFICAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL ACUMULADO NA SERRAPILHEIRA DE UMA FLORESTA DE *Eucalyptus grandis*. XVI Congresso de Iniciação Científica Pesquisa e Responsabilidade Ambiental. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. 2007. 4p.

**EVALUACIÓN DE LA REPUESTA, EN CRECIMIENTO Y SANIDAD, DE CINCO DIFERENTES HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis*, CON TRICHOSOIL® Y BIO-REND® EN VIVERO**

**ASSESSING THE ANSWER IN GROWTH AND HEALTH, FIVE DIFFERENT HYBRIDS *Eucalyptus grandis* WITH TRICHOSOIL® Y® BIOREND IN NURSERY**

**Graciela Romero Albano<sup>1</sup>; A Bóffano Chebataroff A<sup>2</sup>; M Mosqueira Campos<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ing.Agr Forestal Facultad de Agronomía.Universidad de la Republica.Montevideo.Uruguay. labgrom@gmail.com

<sup>2</sup>Ing.Agr Forestal Facultad de Agronomía.Universidad de la Republica.Montevideo.Uruguay. mandresmosqueira@hotmail.com

<sup>3</sup>Ing.Agr Forestal Facultad de Agronomía.Universidad de la Republica.Montevideo.Uruguay

**Resumen**

El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta en crecimiento, y sanidad de cinco híbridos de *Eucalyptus grandis* con *Trichoderma harzianum* (Trichosoil®) y Quitosano (Biorend®), en vivero. Esta etapa fue llevada a cabo en el vivero forestal propiedad de Weyerhaeuser S.A, ubicado en el departamento de Tacuarembó, Uruguay. Se realizó en junio del 2011, un submuestreo de cinco híbridos de *E. grandis* (GU8, GC172, GC513, GC515, GT529), dicha etapa comprendió el período entre las fases de cría y rustificación y se evaluaron parámetros morfológicos tales como, altura del plantín, diámetro de cuello, peso fresco y seco, de raíz y parte aérea. Asociado con la etapa de vivero, se evidenciaron diferencias significativas entre los híbridos evaluados, para los parámetros altura y diámetro de cuello de plantín

**Palabras clave:** *Trichoderma harzianum*. Quitosano. Control biológico.

**Summary**

The objective of this study was to evaluate the growth response, health and frost resistance of five *Eucalyptus grandis* hybrids with *Trichoderma harzianum* (Trichosoil®) and Chitosan (Biorend®) in nursery. This step was carried out in the forest nursery owned by Weyerhaeuser SA, located in the department of Tacuarembó, Uruguay. Was conducted in June 2011, five subsampling hybrids *E. grandis* (GU8, GC172, GC513, GC515, GT529), said stage covered the period between phases of breeding and rustification and evaluated morphological parameters such as height seedling, stem diameter, fresh and dry weight of root and aerial part. Associated with the nursery stage, significant differences between hybrids evaluated parameters for height and seedling collar diameter were evident.

**Key words:** *Trichoderma harzianum*. Chitosan. Biological control.



## Introducción

En Uruguay, existen al menos cuatro cadenas industriales de base forestal, ellas son, la cadena celulósico-papelera, la de productos de madera elaborada, la energética y la industria química. Dentro de la cuales se distinguen tres componentes primordiales, ello son, la fase silvícola (producción de semillas, vivero y plantación), industrial y comercial (Mantero *et al.*, 2008).

El gran desafío a nivel nacional de las cadenas forestales, radica en construir un modelo de desarrollo sustentable propio, permitiendo conciliar la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes, y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos naturales. Asimismo, otro aspecto esencial según Dabezies *et al.* (2008), es mejorar la productividad y competitividad de la cadena, para ello es necesario impulsar acciones en el área de la ciencia, tecnología e innovación. En tal sentido, es fundamental obtener mejores árboles, esto se lograría combinando el mejoramiento genético de las masas forestales, con una adecuada silvicultura, a los efectos de lograr el máximo beneficios de las plantaciones forestales.

Entre la fase silvícola e industrial existe una zona de confluencia, de modo que, las industrias necesitan materia prima de calidad para obtener mejores productos finales. Es por eso, que las características de los genotipos empleados y las actividades realizadas a lo largo del proceso de producción, son aspectos centrales para alcanzar el objetivo (Dabezies *et al.*, 2008).

Por otra parte, los viveros forestales tiene como objetivo crear un ambiente adecuado, a los efectos de alcanzar un equilibrio entre las condiciones óptimas de crecimiento de la especie y aquellas bajas las cuales tendrán que crecer cuando sean llevadas al sitio de plantación (Irisyti, 1999). Los viveros tiene la responsabilidad de producir cierta cantidad de plantas para los cuales fueron diseñados; estas deberán de ser sanas, resistentes e uniformes. Según Ortega *et al.* (2006) la calidad del plantín es definida por una serie de parámetros morfológicos y fisiológicos, así como también por aspectos sanitarios en función del sitio a repoblar, permitiéndole resistir estrés ambiental en plantación.

Para lograr este propósito, una excelente estrategia es el manejo integrado de enfermedades (MI), este introduce una nueva visión respecto a las poblaciones de patógenos, insectos o malas hierbas, considerándolas componentes del agro-ecosistema; lo que permite reducir el uso de pesticidas, minimizando los efectos sobre el ambiente y la salud humana (Mondino y Vero, 2006).

Dentro del MI, el control biológico es una herramienta, basada en la introducción artificial de agentes de biocontrol en el patosistema (Mondino y Vero, 2006). Por su parte Wilson y Wisniewski, citados por Mondino y Vero (2006) lo definen como una forma de control que excluye el uso de plaguicidas de síntesis química.

En este contexto se enmarca la aplicación en viveros forestales de *Trichoderma harzianum* como biocontrolador (Ochoa 2002, García y Pérez 2003, Mondino y Vero 2006), y como biopromotor del crecimiento vegetal (Añon *et al.* 2004, Osiewacz, citado por Benítez *et al.* 2004, Rossi 2012). Así como también la aplicación de quitosano en algunas de las actividades agrícolas, como bioestimulantes e inductor de resistencia (Nge *et al.*, citados por Lárez, 2008).

En este marco, se ha llevado a cabo esta investigación en el departamento de Tacuarembó, en el vivero forestal de la empresa Weyerhaeuser S.A. Con el objetivo de evaluar la repuesta en crecimiento, y sanidad de cinco diferentes híbridos de *Eucalyptus grandis*, con *Trichoderma harzianum* y quitosano, como parte del manejo integrado, en vivero. Se evaluó y cuantifico parámetros morfológicos de los diferentes híbridos, su crecimiento, y además se evaluó el estado sanitario de los híbridos mediante la observación de síntomas durante la etapa de vivero.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el vivero de Weyerhaeuser S.A el cual tiene un diseño sud-africano, que consiste en una estructura metálica cubierta con plástico. Con capacidad de aproximadamente 3.000.000 plantas anuales en dos períodos, ocupando una superficie total de 10.000 m<sup>2</sup>. El área de rusificación tiene una capacidad de 1.800.000 plantas, la estructura de dicha área consiste en mesas de madera y cobertura con tejido de sombra.

## Diseño experimental

Se realizó, un diseño completo al azar con un submuestreo de los cinco híbridos de *Eucalyptus grandis*, (GU8,GT529,GC513,GC514,GC172) obteniéndose al azar cinco bandejas de cada uno de los tratamientos.

Cada bandeja constituye la unidad experimental, las mismas estaban conformadas por 75 plantines cada una. Se trabajó con un total de 25 bandejas, se partió de un total aproximado de 15 a 30 bandejas de cada uno de los híbridos evaluados, a partir de las cuales se seleccionaron las muestras. Los parámetros medidos fueron, altura del plantín (con regla, en centímetros) y diámetro de cuello (uso de calibre), tanto en la fase de cría (junio), como en la fase final de rustificación (octubre).

A su vez se seleccionaron al azar 10 plantines de cada híbrido en la fase de cría (17 de junio de 2011), los cuales no pertenecían a este experimento. Se determinó el peso fresco y seco, de parte aérea y radicular por híbrido en el laboratorio (Departamento Forestal y Tecnología de la Madera, de la Facultad de Agronomía). El manejo durante el proceso de producción de plantines fue igual. Por lo que el programa de fertilización, de riego, y demás aplicaciones fue igual para todos los tratamientos. Se trabajó con datos faltantes debido a que existieron plantas muertas en el período de evaluación. Se realizaron observaciones para determinar el estado sanitario de los plantines, ante condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de los plantines.

A continuación se presenta el modelo utilizado en esta etapa de la investigación:

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ijk} + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ijk}$  = variables aleatorias en estudio: altura del plantín (cm) y diámetro de cuello (mm)

$\mu$  media poblacional

$\alpha_i$  efecto del  $i$  -ésimo tratamiento

$\delta_{ijk}$  error de submuestreo

$\varepsilon_{ij}$  error experimental (residual) asociado al  $i$  -ésimo tratamiento en la  $j$  -ésima repetición

Las hipótesis estadísticas de interés a probar son:

- La hipótesis nula, considera que los plantines que conforman cada uno de los híbridos evaluados, son iguales para las variables, diámetro de cuello y altura de los plantines, en la fase de cría y en rustificación. O sea evaluar si no hay diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos, para cada variable evaluada y en un momento determinado.
- La hipótesis alterna, establece que los plantines que conforman cada uno de los híbridos evaluados, presentan alguna diferencia en cuanto a los parámetros medidos en las fases evaluadas. Es decir, determinar, si realmente hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos, para cada variable evaluada, en un momento determinado.

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA), utilizándose como criterio de decisión “p” valor, rechazándose la hipótesis nula con “p” valor menor a 0.05 (nivel de significancia).

La metodología empleada para evaluar los resultados se basó en la utilización de un software R Development Core Team. De esta manera se trazaron diferentes hipótesis biológicas y estadísticas en las diferentes etapas de esta investigación, a los efectos de aceptar o rechazar cada una de estas según corresponda en cada caso.

Para las evaluaciones realizadas en la etapa de vivero, se utilizaron datos de la primera medición en la fase de cría, y de la segunda medición en la fase de rustificación. En la fase de cría, en condiciones ambientales desfavorable para el desarrollo y el crecimiento de los plantines, se realizó una evaluación del estado sanitario.

## **Resultados y discusión**

Existen evidencias científicas de los beneficios del manejo integrado de plagas en vivero y en plantación. Principalmente cuando la estrategia se basa en el control biológico, mediante la utilización de *Trichoderma harzianum* y quitosano.

Además, según Cabrera y Tejera (2002) la etapa de vivero es clave a la hora de determinar los parámetros que definen la calidad de plantín, y la importancia que ello implica.

En tal sentido, se evalúa si existen diferencias significativas entre los híbridos de *Eucalyptus grandis*. Estas diferencias, para los parámetros evaluados en ambos momentos, serían explicado principalmente por el valor genético de cada uno de los híbridos utilizados. Los parámetros morfológicos considerados fueron, altura de la planta y diámetro de cuello, los cuales se analizaron de manera separada. Asimismo se determina si existen diferencias significativas para estos parámetros morfológicos, durante el período comprendido entre las mediciones realizadas; o sea el crecimiento obtenido durante dicho período. Además se cuantifico la supervivencia durante este lapso de tiempo.

Por otra parte, en la fase de cría se evalúa, el estado sanitario, y se determina el peso fresco y seco, de la parte aérea y radicular de los plantines.

El ensayo instalado en el vivero, tiene ciertas limitantes que son importantes a la hora de la interpretación y discusión de los resultados. En primer lugar, las fechas en que se realizó la obtención de estacas fueron en diferentes semanas del mes de febrero de 2011. De esta manera, las estacas que se colocaron en las bandejas corresponden a la misma semana del mes de febrero, por lo cual cada bandeja es homogénea con respecto a su edad. Por consiguiente, cada una de las bandejas que componen los híbridos es diferente en relación a su edad. Lo que resultó en determinar el mes de febrero de 2011 como mes de referencia, para la obtención de estacas. En segundo lugar, el sorteo de las bandejas de los diferentes híbridos, permanecieron juntas y ordenadas durante el período de evaluación. Estas limitantes están explicadas por varios motivos operativos del vivero que fueron determinantes, a los efectos de proceder esta manera.

### **Altura de la planta**

Continuando con esta línea de trabajo, en esta investigación se evalúa la respuesta de cinco híbridos al manejo integrado mediante la variable altura, en las fases de cría y rustificación. Los resultados muestran diferencias significativas entre los híbridos ( $p < 0.05$ ) para ambas fases. De esta manera se realizó una prueba de comparación múltiple (prueba de tukey) para la variable en cuestión, a los efectos de determinar un ranking de cuáles de los híbridos muestra mejor desempeño.

En el caso de la fase de cría, la prueba de comparación múltiple presentada en el cuadro 1, muestra que no existen diferencias significativas para las alturas medias entre los híbridos, GC172, GC514, GC513 y GT529. Desde el punto de vista estadístico, para la variable alturas medias, existen diferencias significativas entre este primer grupo de híbridos (GC172, GC514, GC513 y GT529) y el híbrido GU8.

A continuación se presentan los resultados de ambas pruebas de comparación múltiple para la variable altura, con letras se muestran los resultados de la prueba tukey a nivel de significancia 0.05.

**Cuadro 1. Prueba tukey para la variable altura en la fase de cría.**  
**Tukey test for the height variable in the growing stage**

HÍBRIDOS	MEDIAS (cm)	
GC172	19.47	a
GC514	19.30	a
GC513	18.89	a
GT529	18.10	a
GU8	13.28	b

**Cuadro 2. Prueba tukey para la variable altura en la fase de Rustificación.**  
**Tukey test for variable height rustification phase**

HÍBRIDOS	MEDIAS (cm)	
GC513	31.02	a
GC172	28.60	ab
GT529	28.32	ab
GC514	27.7	b
GU8	23.85	c

Los resultados obtenidos (Cuadro 2) en la fase de rustificación muestran que estadísticamente los híbridos GC513, GC172 y GT529 no tienen diferencias significativas entre ellos, para esta variable en rustificación. Sin embargo para el híbrido GC514 no existen diferencias significativas con respecto a los híbridos GC172 y GC529, pero si existe diferencia significativa de estos, con respecto al híbrido GC513. Asimismo el híbrido GU8, presenta diferencias significativas con respecto a la altura media, comparado con lo demás híbridos, siendo este híbrido inferior para esta variable.

Estas diferencias observadas podrían explicarse principalmente por la superioridad genética de algunos híbridos, con respecto al híbrido GU8.

Si bien el híbrido GU8 mostró la menor respuesta con este manejo integrado, podría estar explicado además por diversos factores que influyen en el valor de esta variable. Estas podrían deberse al lugar físico que ocuparon en el vivero durante el ensayo, lo cual provocaría diferentes condiciones de luminosidad, temperatura, aireación y humedad que incidieron de manera negativa en el híbrido GU8 en relación a los demás.

Por otra parte, la composición de bandejas que integran cada híbrido evaluado podría ser diferente en cuanto su edad, esto repercutiría en el valor de esta variable.

Las diferencias observadas en el valor de la altura de los diferentes híbridos es más importante en la etapa de rustificación, debido a que esta es la última etapa del proceso de producción de plantines. Según Cleary, citado por García (2007) el tamaño inicial del plantín podría estar relacionado con el desempeño a campo. Por lo cual aquellos híbridos que alcanzaron mayor altura en rustificación, en situaciones de competencia con malezas, estos presentarían ventajas con respecto a lo de menor altura, es decir, lograrían mayor supervivencia y crecimiento a campo.

### Diámetro de cuello

Otro de los parámetros morfológicos que definen la calidad del plantín, es el diámetro de cuello, el cual fue evaluado producto de su importancia y facilidad de medición.

Según Thompson, citado por García (2007) el diámetro de cuello es un buen predictor del comportamiento del plantín en plantación, en relación al crecimiento y la supervivencia. Asimismo Schmidt, citado por Coppola et al. (2000) comprobaron que el diámetro de cuello estaba correlacionado positivamente con la supervivencia y la productividad del plantín a campo.

El mejor desempeño de los plantines con mayor diámetro de cuello a campo, estaría explicado por una mayor resistencia al desdoblamiento y tolerancia a daños de agentes bióticos (INFAP, citados por Coppola et al., 2000).

En la fase de cría de esta investigación no se evidenciaron diferencias significativas para esta variable ( $p > 0.05$ ). Esto podría estar explicado por varias razones, tanto genéticas como ambientales que incidieron en el valor de esta variable.

Contrariamente en la fase de rustificación, existieron diferencias significativas entre los híbridos para la variable considerada, tal como se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Prueba de tukey para la variable diámetro de cuello en la fase de Rustificación. Tukey test for the variable neck diameter rustification phase**

HÍBRIDOS	MEDIAS (mm)	
GC172	4.14	a
GC513	3.82	b
GT529	3.82	b
GU8	3.81	b
GC514	3.49	c

De esta manera, según los resultados de la prueba de tukey a un nivel de significancia de 0.05, existen diferencias significativas entre el híbrido GC172 y los demás híbridos evaluados. Por lo tanto para la variable diámetro de cuello, en la fase de rustificación, el híbrido que mostró mejor desempeño fue GC172. Mientras que el híbrido de menor respuesta fue el híbrido GC 514. Cabe mencionar que entre los híbridos GC513, GT529 y GU8 no existen diferencias significativas, para esta variable, en dicha fase.

### Período comprendido entre la fase de cría-rustificación

En esta parte de la investigación se evaluó el crecimiento de los diferentes híbridos, evaluando los parámetros altura de plantín y diámetro de cuello por separados.

Para determinar las diferencias entre cada variable se utilizó la fórmula diferencia = valor del parámetro final – valor del parámetro inicial, expresada en centímetros. Esta diferencia, fue alcanzada en el lapso aproximado de 3 meses.

Con respecto a las variables altura y diámetro de cuello, mediante el análisis estadístico se determinó que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). De esta manera los híbridos crecieron igual en términos absolutos, para estos parámetros morfológicos.

### Evaluación de calidad vegetal ante condiciones de estrés

En un vivero forestal se genera un microclima particular, que en ocasiones expone a los plantines a diversas enfermedades. Dadas estas condiciones desfavorables para el desarrollo y crecimiento de los plantines, se determinó la prevalencia de enfermedades presentes en la fase de cría (junio).

La enfermedad causada por *Botrytis cinerea* es una de las más importantes debido a la gran pérdida de producción que conlleva su presencia. Otra patología observada fue producida por *Cylindrocladium* spp. Según FAO (2006), esta última patología perjudica el crecimiento de los plantines, debido a que provoca una disminución de la capacidad fotosintética, provocando un descenso en la producción de materia seca.

De esta manera se determina la prevalencia definida por Fernández et al. (2004) como la relación entre el número de plantines enfermos en un momento dado y el total de la población en un momento determinado (fase de cría).

**Cuadro 4. Incidencia de enfermedades en fase de cría.**  
**Brood phase disease incidence**

Híbridos	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cylindrocladium</i> spp.
GT529	7	15
GC172	14	15
GC514	7	147
GC8	1	4
GC511	7	7

A partir del cuadro 4 se puede visualizar que parecería ser más importante la enfermedad causada por *Cylindrocladium* spp. en relación a *Botrytis cinerea*. En el caso de *Cylindrocladium* spp. su prevalencia fue de aproximadamente 40%, debido que para esta etapa se contaba con un total de 775 plantines de este híbrido. En relación a la incidencia de este agente, el híbrido más afectado fue el GC514, principalmente podría estar explicado por aspectos genéticos del híbrido. Asimismo, las condiciones ambientales en las cuales permanecieron durante esta fase pudieron incidir en las condiciones favorables para el desarrollo de estas enfermedades.

De esta manera, se podría inferir que los híbridos mostraron diferentes incidencias de enfermedades, producto de una suma de factores que provocaron una disminución de la patogenicidad de los agentes causales, una vez que se produjo el contacto entre éstos y los hospederos. Lo que determinó que algunos híbridos se mostraron más resistentes ante determinados agentes, resultando en una inexistencia del proceso de enfermedad.

En relación a *Botrytis cinerea* se observó que la enfermedad estuvo presente en aproximadamente el 1,7% del total de plantines evaluados. La incidencia de esta enfermedad, a priori es mayor en el híbrido GC172, esto podría estar explicado principalmente por la genética del híbrido en cuestión. Asimismo, podría ser explicado por las condiciones ambientales, es decir inadecuada aireación, baja luminosidad y alto nivel de humedad relativa. Además, existen evidencias científicas en relación al efecto de *Trichoderma harzianum* sobre algunos patógenos, según Benítez et al. (2004), este agente de biocontrol produce un incremento en la producción de quitinasas lo cual le confiere a la planta la capacidad de resistencia, principalmente a *Alternaria* spp. y *Botrytis cinerea* (Benítez et al., 2004)

En tal sentido, existen evidencias sobre los beneficios del quitosano y/o quitina sobre la inducción de reacciones de defensa sobre diferentes especies vegetales (Pearce y Ride, citados por Lárez, 2008).

Por otra parte, las investigaciones realizadas sobre quitosano, demuestran que la aplicación de este biopolímero, incide en el crecimiento radial de algunos hongos afectando su morfología y ultraestructura (Laflame et al., citados por Quintana et al., 2010). Esto ha sido demostrado por los estudios realizados por Liu et al., citados por Lárez (2008), acerca de la efectividad del quitosano para inhibir principalmente el crecimiento micelial de *Botrytis cinerea*.

La inducción de resistencia favorecida por la aplicación de quitosano, se debe básicamente a la producción de quitinasas y glucanasas, (Benhamou, citado por Lárez, 2008); la lignificación en hojas dañadas (Pearce y Ride, citados por Lárez, 2008) o intactas (Moerschbacher et al., citados por Lárez, 2008); producción de peróxido de hidrógeno (Lee et al., citados por Lárez, 2008) o la formación de fitoalexinas (Cote y Hahn, citados por Lárez, 2008).

De esta manera, el quitosano induce a las plantas a responder rápidamente al ataque de los patógenos, producto de fitoalexinas, proteínas relacionadas a la patogénesis, inhibidores proteicos y ligninas, que son derivados de la quitina y el quitosano (Lárez, 2008).

Asimismo es importante mencionar que la susceptibilidad a las bajas temperaturas es diferente para los diversos genotipos, siendo la cantidad de potasio aplicado un factor clave en el endurecimiento de los tejidos vegetales.

Una de las posibles causas fisiológicas por lo cual este fenómeno no implicó pérdidas importantes en la etapa final de producción de plantines en vivero, podrían deberse a la presencia de *Trichoderma harzianum* así como también a las aplicaciones de quitosano y fertilizaciones con potasio realizada en esta fase.

Esto es muy importante ya que podría haber afectado positivamente a los híbridos, minimizando los daños ocasionados por los factores bióticos y abióticos que ocurrieron a lo largo del proceso de producción de los plantines en el vivero.

### Peso de raíz

En el Laboratorio del Departamento Forestal de Facultad de Agronomía se determinó el peso fresco y seco de la parte radicular. Los resultados se pueden observar en el cuadro 5 el cual se presentan a continuación.

**Cuadro 5: Peso fresco y seco de raíz promedio por plantín según tratamiento.**  
Average fresh and dry root weight per seedling as treatment

Híbridos	Peso fresco	Peso seco
GC514	1.18	0.24
GC513	0.94	0.27
GC172	1.33	0.23
GL8	0.96	0.20
GT529	1.06	0.19

Diversas investigaciones han demostrado el efecto beneficioso de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento radicular. Según Ozsiewac, citado por Benítez *et al.* (2004) este agente de biocontrol produce auxinas, citoquininas, etileno y ácido acético las cuales promueven y regulan el desarrollo y crecimiento de la planta. De esta manera, este agente genera un ambiente rizosférico que tendría efectos positivos en el crecimiento vegetal. Estos efectos positivos no serían igual para todos los híbridos evaluados, debido a que no todos reaccionaron de la misma manera a los cambios en el balance hormonal en la rizosfera.

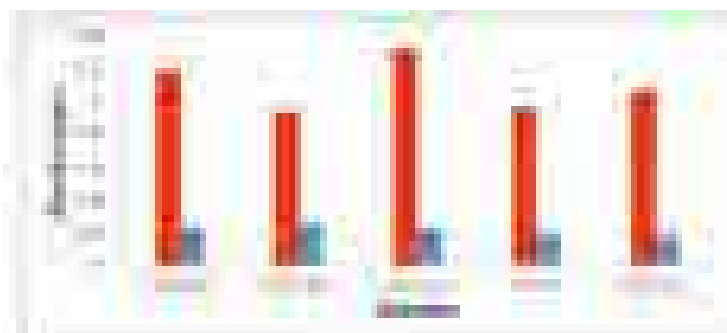


Figura 2 se observa de color rojo el peso fresco y de color naranja el peso seco de raíz promedio por planta.

**Figura 2: Peso raíz en relación a los híbridos.**  
**Root weight in relation to the hybrid**

En el figura 2 se observan los valores de los diferentes peso fresco y seco de raíz alcanzado por los híbridos evaluados. Si bien no es posible afirmar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, existe una tendencia que muestra que no todos los híbridos responden igual al manejo integrado realizado en el vivero para estas variables. En este caso, los valores observados a simple vista para el peso seco, los híbridos evaluados muestran una tendencia a ser constante. Por lo cual a priori el contenido de materia seca parecería ser igual para todos los híbridos.

Por otra parte los valores de peso fresco de la raíz observado en el cuadro descriptivo que se presentó anteriormente, muestra que el híbrido GC172 es aproximadamente 29.3 % mayor que los híbridos GC513. De esta manera, el contenido de agua del sistema radicular de los diferentes híbridos podría ser distinto.

Es probable que el comportamiento a campo sea diferente, debido a que el anclaje al suelo y la absorción radicular de nutrientes están relacionados al valor de esta variable.

### Peso aéreo

En el cuadro 6 se presenta el análisis del peso fresco y seco de la parte aérea evaluada en esta investigación.

**Cuadro 6. Peso fresco y seco aéreo promedio por plantín según tratamiento.**  
**Average air cool and dry weight per seedling as treatment**

Híbridos	Peso fresco	Peso seco
GC514	3.05	0.80
GC513	3.12	0.99
GC172	2.93	0.68
GL3	1.87	0.49
GT529	2.34	0.61

Tal como se ha venido mencionando a lo largo de este trabajo, en los estudios realizados por Osiewacz, citado por Benítez et al. (2004), así como lo realizado por Negrone *et al.* (2008) en *Pinus taeda*, han permitido demostrar el efecto positivos del *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de los plantines, a través de las diferentes evaluaciones de peso fresco de la parte aérea. En relación al quitosano se ha comprobado que estimula el crecimiento en varias especies (Bhaskara *et al.*, citados por Lárez, 2008).



En este caso, para el valor del peso fresco de la parte aérea el híbrido GC514 fue aproximadamente el 90,6% mayor que el GU8, es decir el contenido de agua de este último fue menor en relación a los otros híbridos. Mientras que para el peso seco de la parte aérea, el híbrido GC513 fue el 50 % mayor que el híbrido GU8. Según esta aproximación visual, se podría mencionar que el híbrido GU8 obtuvo el menor valor para ambas variables.



Figura 3 se observa de color negro el peso fresco y de color gris el peso seco aéreo promedio por planta.

**Figura 3: Peso aéreo en relación a los híbridos.**  
Aerial weight in relation to the hybrid

### Relación de pesos

Con respecto a la relación existente entre el peso aéreo y el peso radicular, (cuadro 7) una mayor relación significaría un mejor desempeño en plantación (Análisis del Simposio de Viscosa, citado por Coppola *et al.*, 2000). Además es importante mencionar que el peso aéreo no debe de ser el doble que el peso de la raíz (Montoya, citado por Coppola *et al.*, 2000).

**Cuadro 7. Relación peso aéreo/radicular para los diferentes híbridos.**  
Air / root weight ratio for different hybrid

Híbridos	Rel. Fresco	Rel. Seco
GC 514	3.1	3.5
GC 513	3.3	3.8
GC 172	2.2	3.0
GU8	2.0	2.4
GT 529	2.2	3.1

Se observa que la relación peso aéreo/peso radicular, podría ser diferente para los híbridos evaluados, (figura 4). Esto muestra a priori que el híbrido GU8 obtuvo la relación de peso menor, por lo cual se acercaría más al plantín de calidad óptima según lo que señala Montoya, citado por Coppola *et al.* (2010).



Figura 4 se observa de color azul la relación en peso fresco y de color naranja la relación en peso seco, ambos promedio por planta.

**Figura 4. Relación peso aéreo/radicular para los diferentes híbridos.**  
Air / root weight ratio for different hybrid

### Conclusiones

Los resultados obtenidos en la etapa de vivero muestran que los híbridos evaluados, responden diferente al manejo integrado propuesto. En tal sentido, se determinó que para la variable altura del plantín en fase de cría y rustificación, los híbridos GC172, GC514, GC513 y GT529 fueron superiores en relación al híbrido GU8. Asimismo en términos absolutos, el crecimiento en el período de evaluación fue igual para los cinco híbridos evaluados.

En relación al otro parámetro morfológico determinado, diámetro de cuello, los híbridos mostraron diferencias significativas solo en la fase rustificación. De esta manera, el híbrido GC172 fue el mejor, en relación a los híbridos GC513, GT529 y GU8, y a la vez estos últimos fueron superiores al híbrido GC514.

El que obtuvo los mejores valores, tanto para altura de plantín, como para diámetro de cuello, fue el híbrido GC172, de esta manera queda en evidencia su superioridad en la fase de vivero.

El crecimiento en términos absolutos fue igual, para las variables diámetro de cuello y altura de plantín, alcanzados por los cinco híbridos, en el período comprendido entre la fase de cría y rustificación. Destacándose el híbrido GU8, el cual presentó valores mínimos de altura de plantín en ambas fases, pero sin embargo obtuvo igual crecimiento que los demás híbridos evaluados.

Durante el período comprendido entre la fase de cría y la fase de rustificación, se evidenciaron condiciones preponderantes para el desarrollo de enfermedades, así como también bajas temperaturas en rustificación, que pudieron repercutir de manera negativa en el crecimiento y el desarrollo de los plantines. Pese a ello, no se observaron pérdidas significativas de ninguno de los híbridos evaluados, esto podría adjudicarse al efecto de *Trichoderma harzianum*, así como también a las aplicaciones de quitosano y potasio, durante el proceso de producción de plantines.

## Bibliografía

- AÑÓN, D. 1993. Daño de heladas en *Eucalyptus*; evaluación de daño en especies y orígenes en el primer invierno. In: Jornadas Técnicas (1993, Tacuarembó). Memorias. Tacuarembó, INIA. pp. 14-32 (Actividades de Difusión no. 40)
- BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A.; LIMÓN, M.; CODÓN, A. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. (en línea). International Microbiology. 7(4): 249-260. Consultado mar. 2012. Disponible en <http://scielo.isciii.es/pdf/im/v7n4/Benitez.pdf>
- CARDENAS, D. 2003. Evaluación de diferentes sustratos colonizados con el antagonista (*Trichoderma harzianum* Fr) sobre la calidad de plantines de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden, *Eucalyptus globulus* spp. *globulus* Labill y *Pinus taeda* L. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 199 p.
- COPPOLA, F.; MENDOZA, G.; REGULES, H. 2000. Caracterización de plantines de *Eucalyptus* y *Pinus* desde el punto de vista de la calidad en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
- DABEZIES, M.; ERREA, E.; SOUTO, G. 2008. Informe final de la consultoría sobre las cadenas agroindustriales en el marco del PENCTI. (en línea). Montevideo, ANII. Consultado mar. 2012. Disponible en [http://www.anii.org.uy/imagenes/libro\\_cadenas\\_agroindustriales.pdf](http://www.anii.org.uy/imagenes/libro_cadenas_agroindustriales.pdf)
- FAO. 2006. Manual de campo; plagas y enfermedades en eucaliptos y pinos en el Uruguay. Montevideo. 158 p. (Estudio FAO no.3003)
- GARCÍA, M. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. (en línea). In: Jornadas Forestales de Entre Ríos (22º., 2007, Concordia, Argentina). Trabajos presentados. s.n.t. pp. 1-10. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://inta.gob.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf>
- GARCÍA, J. 2008. Efecto del quitosano sobre la membrana celular de *Rhizopus stolonifer*. (en línea). Tesis en maestría en Ciencias. Morelos, Chile. Instituto Politécnico Nacional. 72 p. Consultado abr. 2012. Disponible en [http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4172/1/garcia\\_rincon\\_juan.pdf](http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4172/1/garcia_rincon_juan.pdf)
- HERNÁNDEZ, A.; BAUTISTA, S.; VELÁZQUEZ, M.; RODRÍGUEZ, S.; CORONA, M.; SOLANO, A.; BOSQUEZ, E. 2005. Potencial del quitosano en el control de las enfermedades postcosecha. (en línea). Revista Mexicana de Fitopatología. 22(2): 198-205. Consultado abr. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/612/61223214.pdf>
- IRISYTI, F. 1999. El vivero forestal. Montevideo, Facultad de Agronomía. 26 p.
- LÁREZ, C. 2008. Algunas potenciales de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. Revista Científica de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente. 8(1): 1-22.
- MANTERO, C.; SAN RAMON, D.; LIGRONE, A.; BAPTISTA, P.; DURÁN, V.; LOZA, I.; BLANCO, M; REGO, G; MARIÑO, M. 2008. El complejo de base forestal; análisis y pronóstico preliminar. Anuario OPYPA 2008: 205-237.
- MARTÍNEZ, A.; MONDINO, V.; GALLO, L. 2005. Evaluación de daños por heladas tardías en ensayos de procedencia de pino oregón introducidos en el norte de la Región Andino Patagónica Argentina. Revista Bosque. 26 (3): 113-120.
- MONDINO, P.; VERO, S. 2006. Control biológico de patógenos de plantas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 158 p.
- ORTEGA, U.; KINDELMAN, A.; HEVIA, A.; ÁLVAREZ, E.; MASADA, J. 2006. Control de calidad de planta forestal. (en línea). Asturias, Serida. s.p. Consultado feb. 2012. Disponible en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=1521&anyo=>
- QUINTANA, E.; PLSCENCIA, M.; SÁNCHEZ, R.; ROSAS, E.; ONOFRE, M. 2010. Inhibición del crecimiento radial "in vitro" de la *Fusarium verticillioides* en presencia de quitosano. Revista Iberoamericana de Polímeros. 11 (6): 282-391.

**TECNICAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION EN CAMINOS FORESTALES**

**TECHNIQUES FOR CONTROL OF EROSION FOREST ROADS**

**Domene A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Civil, Supervisor de caminos Alto Paraná S.A. (APSA) Puerto Esperanza, Ruta Nacional 12 Km 1595, Misiones, Argentina. aedomene@altoparana.com

**Resumen**

Los caminos forestales o rurales se encuentran entre las actividades de mayor impacto en cuanto a la erosión del suelo por la acción del escurrimiento superficial de los caudales generados por las precipitaciones. En el presente trabajo se exponen las zonas potencialmente erosionables de un camino y diferentes técnicas para el control de la erosión con ejemplos gráficos y fotográficos, incluyendo conceptos de buenas y malas prácticas. Se presentan los resultados de erosión de un ensayo de cobertura a borde de camino el cual consistió en comparar la erosión en una cuneta con aplicación de herbicida y en la otra con una cobertura vegetal desarrollada.

**Palabras clave:** Cárcava, caudal, lomada, disipador, drenaje, perfilado, pendiente.

**Summary**

Forest and rural roads are among the activities with the greatest impact in terms of soil erosion by the action of surface runoff flows generated by rainfall. This work presents the road areas that can be potentially eroded and different techniques for its control with graphic examples and pictures, including good and bad practices. Finally, the results of an erosion trial are presented in which it was compared two treatments of the road shoulder, one with herbicide application and the other covered by vegetation.

**Key words:** Gully flow, flow, mound, sink, drain, profiling, pending.

**Introducción**

Debido a su superficie libre o descubierta un camino rural presenta un alto grado de escorrentía con una baja infiltración de agua (mayor caudal y velocidad circulante), generando el arrastre y suspensión de las partículas de suelo. Esta pérdida de suelo genera surcos y cárcavas que dificultan el tránsito vehicular sobre el camino llegando a impedir directamente el mismo en caso de prolongarse en el tiempo este proceso. Las zonas potencialmente erosionables de un camino son aquellas que se describen a continuación: 1-Tramos de camino con elevada pendiente (mayor al 4%), 2-Obstrucción y falta de mantenimiento de cunetas y obras de arte, 3-Tramos de camino dentro de una cuenca con poca cobertura vegetal (alta escorrentía), 4-Sectores de camino sin obras de drenaje (perfil abovedado del camino, cunetas, alcantarillas, drenajes laterales, etc), 5-Terrenos con poco grado de compactación o con materia orgánica. (Imágenes n°1, n°2, n°3 y n°4).



**Imagen n°1: camino en alta pendiente**  
**Image n°1: high slope road**

**Imagen n°2: cuneta obstruida**  
**Image n°2: clogged ditch**



**Imagen n°3 y n°4: cárcavas severas por falta de obras de drenaje**  
**Image n°3 and n°4: road severe erosion due to poor drainage system**

**Caudal de agua:** el caudal de agua que escurre por la zona de un camino es producto de las precipitaciones sobre la cuenca hidrográfica en la que se encuentra. Los factores que inciden en la magnitud del caudal de agua son el área de la cuenca, la intensidad y duración de las precipitaciones sobre la cuenca hidrográfica en la que se encuentra. Los factores que inciden en la magnitud del caudal de agua son el área de la cuenca, la intensidad y duración de las precipitaciones y el coeficiente de escorrentía del terreno. En el coeficiente de escorrentía tiene incidencia directa el tipo de cobertura del terreno, siendo un factor importante la cubierta vegetal, dado que hace disminuir el mismo, por ello luego de la cosecha o tala rasa del bosque implantado se producen mayores caudales que exigen más intensamente a las obras de desagüe y drenaje e incrementan el potencial de erosión (**imagen n°5**).

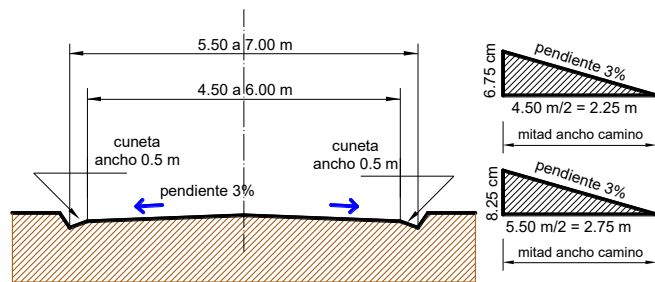


**Imagen n°5: aumento del caudal en plantaciones jóvenes**  
**Image n°5: increased flow in young plantations**

## Material y métodos

Las técnicas para el control de la erosión en caminos tienen como objetivo minimizar los efectos erosivos del escurrimiento de las aguas sobre la superficie del camino, evitando la formación de cárcavas y la paulatina pérdida de suelo. Se tienen las siguientes técnicas de control: Perfilado transversal del camino, drenajes laterales en cunetas o sangrías, lomadas o lomos de burro, disipadores de energía, pozos de decantación y la cobertura vegetal de cunetas. La ejecución de una u otras técnicas se realizaran de acuerdo a las condiciones imperantes en el campo y a los recursos disponibles.

**Perfilado transversal del camino:** tiene la función de permitir el drenaje del camino hacia la cuneta, evitando que el agua se acumule en el mismo. El valor de la pendiente transversal del camino no deberá ser mayor al 3% para no generar erosión. Cabe destacar que una mala práctica es la de realizar desbarres o perfilados sucesivos de un camino sin reposición del material lo que produce con el tiempo los famosos caminos encajonados (**gráficos n°1 y n°2, imágenes n°6, n°7 y n°8**).



**Gráfico n°1 perfil transv. Correcto de un camino**  
**Graphic n°1: proper road cross-section**



**Imagen n°6: camino perfilado**  
**Image n°6: leveled road**

**Imagen n°7: camino sin perfilar**  
**Image n°7: unleveled road**



Gráfico n°2: camino encajonado  
Graphic n°2: dipping path

Imagen n°8: camino encajonado  
Image n°8: dipping path

**Drenajes laterales en cunetas o sangrías:** tienen la función de evacuar el caudal de la cuneta, evitando que el nivel de agua alcance la superficie de tránsito y mitigando así también los efectos erosivos de la escorrentía. La longitud de estos desagües es función de los niveles topográficos entre la cuneta y la superficie del rodal adyacente. Si el terreno adyacente es plano permitirá realizar una sangría larga, en caso de que el terreno sea en pendiente ascendente la sangría será corta y deberá desaguar en un pozo de decantación (**imagen n°9, gráficos n°3, n°4 y n°5**).



Imagen n°9: drenaje espina de pescado  
Image n°9 lateral drainage



No de deberán realizar zanjeos que terminen en cursos de agua



Ejecución de pozos de decantación en la descarga de las sangrías.

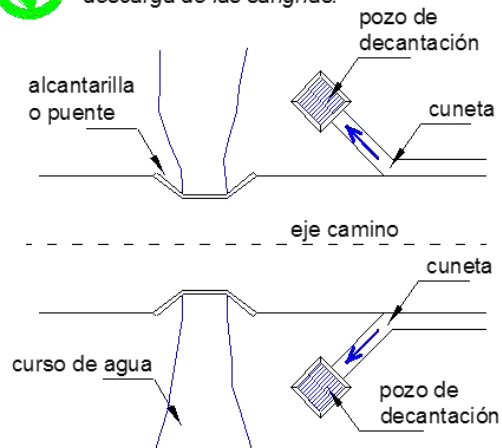
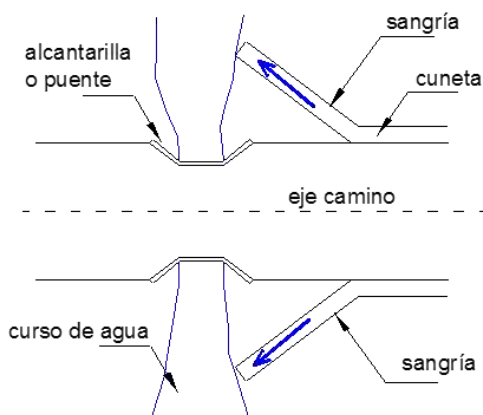
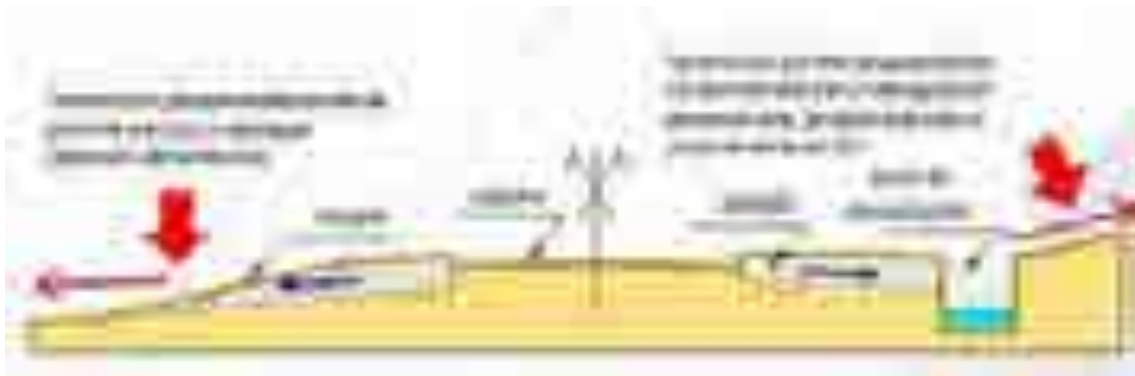


Gráfico n°3: drenajes laterales cerca de cursos de agua  
Graphic n°3: side drains near watercourses



**Gráfico n°4: ubicación drenajes laterales**  
**Graphic n°4: lateral drainage locations**



**Gráfico n°5: longitud drenajes laterales**  
**Graphic n°5: longitudinal lateral drainage**

**Lomadas o lomos de burro:** son terraplenes transversales al eje del camino que se disponen en todo su ancho para alcanzar el nivel del terreno adyacente y permitir el desagüe de la cuneta (caminos encajonados). Las lomadas o lomos de burro también funcionan como reductores de velocidad en caminos de alta pendiente. Las dimensiones tendrán que garantizar un perfil suave y adecuado para el tránsito, a mayor desnivel entre camino y terreno circundante mayor será la longitud necesaria de la lomada (gráficos n°6 y n°7, imagen n°10).



**Imagen n°10: lomo de burro**  
**Image n°10: bumps**





**Gráfico n°6: vista lomo de burro en planta**  
**Graphic n°6: bumps**



**Gráfico n°7: vista lateral de lomo de burro**  
**Graphic n°7: bumps**

**Disipadores de energía:** son elementos complementarios que se colocan como interposición al caudal que escurre en las obras de desagüe y tienen como finalidad disminuir la energía cinética del agua (velocidad). Se deber colocar en cunetas y desagües laterales cuyas pendientes superen las admisibles de erosión del terreno. En su colocación se deberán respetar los niveles de cuneta y camino, evitando que el disipador tenga un nivel superior al de la cuneta, para que el agua no rebalse y alcance el camino. El disipador de energía cuenta condos partes, el cuerpo o pared y el cuenco de amortiguación que evita la erosión producto de la caída del agua. Los disipadores se pueden realizar de diferentes formas y materiales (listones o tablas de madera, troncos, bolsas rellenas con suelo, piedras y hormigón) (**imágenes n°11, n°12, n°13 y n°14, gráfico n°8**).



**Imagen n°11 y n°12: disipador con listones de madera Imagen°11 y n°12: water energy reduced by wooden slats**



**Imagen nº13: dissipador con bolsas rellenas con suelo**  
**Image nº13: water energy reduced by bags with soil**

**Imagen nº14: dissipador con troncos**  
**Image nº14: water energy reduced with logs**



**Gráfico nº8: dissipador de energía con listones de madera en cuneta**  
**Graphic nº8: wooden slats installation in drainage ditch**

**Pozos de decantación:** tienen la función de retener el agua proveniente de un drenaje lateral y hacer decantar por gravedad las partículas de suelo en suspensión. Su utilización es necesaria cuando el caudal de los drenajes laterales pueda alcanzar un cauce de aguas debido a su proximidad o en situaciones en las que no se puedan derivar estos caudales al terreno lateral. Las dimensiones dependen del volumen de agua a retener, sus medidas serán aproximadamente 1.5 m<sup>2</sup> de sección x 1.5 m de profundidad (**imagen nº15**).



**Imagen nº15: pozo de decantación**  
**Image nº15: decanting pit**

**Cobertura vegetal de cunetas:** cumple la función de disminuir la erosión del suelo, afirmando y reteniendo sus partículas y favoreciendo la infiltración del agua en el terreno. La cobertura vegetal de las cunetas se puede lograr naturalmente si no se aplican herbicidas en la misma o bien mediante la siembra de alguna especie de pasto (estrella, pangola, bermuda, etc.) **(Imagen n°16).**

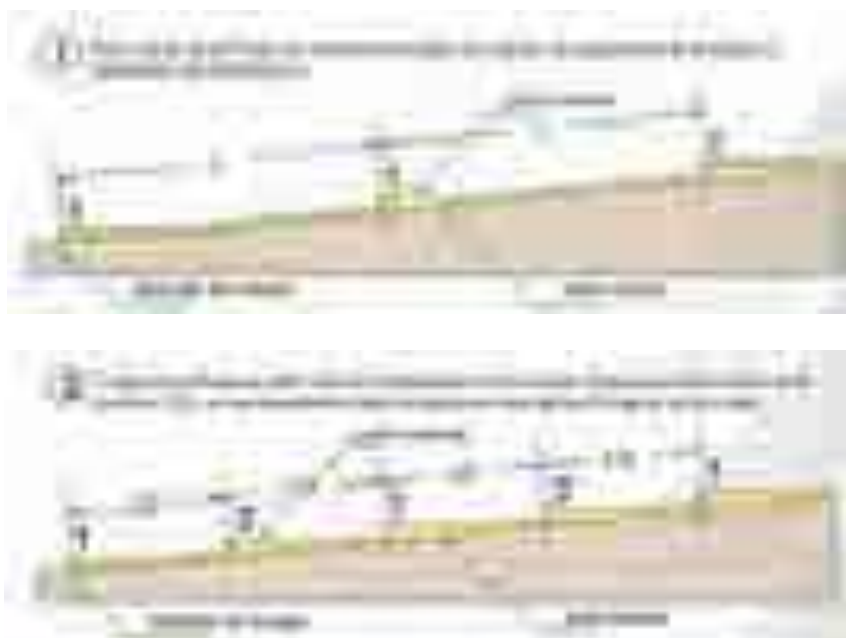


**Imagen n°16: cobertura vegetal en cuneta**  
**Image n°16: vegetation in drainage ditch**

**Tratamiento de cárcavas:** para corregir una cárcava y restituir el perfil del camino se puede proceder de distintas maneras de acuerdo a los recursos disponibles:

**Con equipo mecánico:** en caso de contar en la zona con equipo mecánico tal como retroexcavadora y/o motoniveladora se procederá a rellenar la cárcava con aporte de suelo y a perfilar el relleno de la misma. Luego se deberá realizar alguna obra para el control de la erosión para evitar que se forme nuevamente la cárcava.

**Con equipo manual:** la cárcava se podrá rellenar con aporte de suelo mediante el paleo manual del mismo o bien se podrá colocar en la cárcava disipadores de energía que funcionarán reteniendo material por sedimentación y generarán la recuperación paulatina del perfil del camino. En caso de que la cárcava sea profunda es conveniente utilizar bolsas rellenas con suelo de manera de generar un dique de contención. Para que la recuperación sea total se deberá ir disminuyendo la separación de disipadores a medida que se recupera la cárcava.



**Gráfico n°9: tratamiento de cuneta erosionada para restitución de su perfil**  
**Graphic n°9: treatment for restoring eroded ditch**

**Mantenimiento de las obras:** se deberá realizar el mantenimiento periódico de las distintas obras para el control de erosión de caminos. Las tareas de mantenimiento, entre otras, son las siguientes: 1-Limpieza de cunetas, alcantarillas, drenajes laterales y pozos de decantación, 2-Reposición y reubicación de disipadores de energía, 3-Restauración del perfil de las lomadas con aporte de suelo, 4-Perfilado para la restitución del abovedado del camino.

## Resultados y discusión

La implementación de estas técnicas de control de erosión en los caminos ubicados dentro del patrimonio de APSA ayuda notoriamente a la mitigación de los efectos erosivos y con ello a la disminución de las tareas de mantenimiento con sus costos respectivos. El mantener el camino en condiciones es fundamental para las tareas de plantación, controles y posterior cosecha y transporte de la madera. Se destaca que el patrimonio de la empresa APSA posee una red de caminos extensa cuya longitud asciende aproximadamente a los 7000 km, los cuales se encuentran distribuidos en una superficie de 233.630 Ha. (imagen n°17)



Imagen n°17: restitución de cuneta con bolsas rellenas con suelo  
Image n°17: drainage ditch restoration with bags with soil

**Ensayo de cobertura a borde de camino<sup>6</sup>:** tiene como finalidad verificar el grado de incidencia de no aplicar herbicidas en la erosión hídrica del suelo. El ensayo se instaló en una zona de camino secundario con similares características de ambos lados o cunetas, de un lado no se aplicó herbicidas para favorecer la formación de cobertura, del otro lado se mantuvo la práctica de aplicación habitual. Se realizaron cuatro pozos de decantación (dos de cada lado o cuneta) para medir la cantidad de sedimentos arrastrados por las lluvias (gráfico n°18, tabla n°1, imágenes n°18 y n°19).



Gráfico n°18: esquema del ensayo  
Graphic n°18: trial design

<sup>6</sup> Ensayo realizado por la Ing. Patricia Stopp en predio Kreimer II APSA (marzo-junio 2008)

**Tabla n°1: mediciones en pozos de decantación**  
**Table n°1: trial results in decanting pits**

Fecha medición	26/03/2008	21/04/2008				17/06/2008			
Pozo decantación	Puntual (cm)	Puntual (cm)	Acum. (cm)	Puntual (m <sup>3</sup> )	Acum. (m <sup>3</sup> )	Puntual (cm)	Acum. (cm)	Puntual (m <sup>3</sup> )	Acum. (m <sup>3</sup> )
1	0	5	5	0,243	0,243	40	45	1,944	2,187
2	0	15	15	0,858	0,858	30	45	1,716	2,574
3	0	0	0	0,000	0,000	10	10	0,576	0,576
4	0	10	10	0,540	0,540	10	20	0,540	1,080
Precipitaciones (mm)	0	350	350			269	619		
Días de lluvia	0	8,5	8,5			14,5	23		

De la tabla n° 1 puede inferir que la erosión en la cuneta sin cobertura vegetal es en promedio de 2.375 m<sup>3</sup> y en la cuneta con cobertura vegetal de 0.828 m<sup>3</sup>, resultando la erosión en la cuneta sin cobertura vegetal el **186% mayor**.



**Imagen n°18: lugar del ensayo**  
**Image n°18: trial site**



**Imagen n°19: lugar del ensayo**  
**Image n°19: trial site**

## **Conclusiones**

La provincia de Misiones tiene un régimen pluviométrico anual de aproximadamente 2000 mm, en un 1 km de camino de ancho 5 m esta cantidad representa la cifra de 10.000 m<sup>3</sup> de agua anuales (10.000.000 litros) que escurren libremente, esto sumado a la extensa red de caminos rurales y a la falta de implementación de estas técnicas resultan que muchos de los caminos se encuentren erosionados, encajonados, con dificultades de desagüe y tránsito y arroyos y ríos cargados de sedimentos toda vez que se producen precipitaciones en la provincia. En la actualidad existe en general una falta de conocimiento de estas técnicas de control de erosión, lo que conlleva a que estas no se apliquen, siendo necesario realizar capacitaciones al personal involucrado en las tareas de caminos dentro de la provincia. Siempre será más conveniente y económico controlar el problema de la erosión antes de que esta se produzca que tener luego que remediar sus consecuencias.

## **Agradecimientos**

A mi esposa y familia quienes me brindan su apoyo cada día, al Lic. Esteban Carabelli Jefe del SGI APSA que colaboro con la traducción al idioma inglés de títulos e introducción.

## **Bibliografía**

- APSA (2012) "Manual de Especificaciones Técnicas para caminos forestales".
- APSA (2010) "Manual de Buenas Practicas caminos forestales"
- Sherar James & Keller Gordon "Ingeniería de caminos rurales" USAID, 160 paginas.
- Galloso Jorge, Acuña Mauricio (1999) "Mejores prácticas de manejo forestal" Universidad Austral de Chile

**EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, EN EL NOROESTE DE MISIONES**

**DEVELOPMENTS AND TRENDS IN DIFFERENT PLANTING DENSITIES FOR *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, IN NORTHWEST MISIONES**

**Crechi, Ernesto<sup>1</sup>; Keller, A.<sup>1</sup>; Kurtz, V.<sup>2</sup>; Köhnke, W.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Técnicos Área Forestal. INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. TEL/FAX: 54-03751-480057/480512. E-mail: crechi.ernesto@inta.gob.ar

<sup>2</sup> Técnico. Área Forestal. INTA EEA Cerro Azul. Ruta Nacional 14. Km. 1085 (3313), Cerro Azul Misiones TE y FAX: 54-(0376) 449 4740. E-mail: Kurtz.valentin@inta.gob.ar

<sup>3</sup> Productor forestal. Plantar S.A. TEL: 54-03757-480110. E-mail: plantarsa@gmail.com

Parcialmente financiado por: PIA 10015: “Silvicultura y manejo de *Eucalyptus grandis* en plantaciones puras y mixtas”; PNFOR 1104073: “Bases silvícolas para sustentar la productividad de las plantaciones y los recursos del ambiente”; MNES 1242204: “Desarrollo de los sistemas productivos del territorio denominado Paraná medio”; MNES 1242205: “Apoyo al desarrollo Territorial del Noreste y del Alto Paraná Misionero”.

### **Resumen**

Este trabajo tiene por objetivo, analizar un experimento de diferentes densidades de plantación de *Eucalyptus grandis*, instalado en 3 bloques completos al azar con 4 niveles de densidad. Los tratamientos de densidad fueron definidos como 2500, 1250, 625 y 312 plantas por hectárea. Hasta los 2 años de edad, se observaron diferencias en la evolución y tendencias del crecimiento de diferentes variables del rodal. Mientras la altura total, número de árboles, área basal y volumen total fueron proporcionales a la densidad de plantación, el diámetro a la altura del pecho resultó inversamente proporcional a la densidad.

**Palabras clave:** densidad inicial, crecimiento, área basal, volumen, Argentina.

### **Summary**

This paper aims to analyze an experiment of different planting densities with *Eucalyptus grandis*, installed in 3 completely randomized blocks with 4 levels of density. Density treatments were defined as 2500, 1250, 625 and 312 plants per hectare. Up to 2 years of age, differences were observed in the evolution and growth trends of different variables of the stand, due to the effect of different planting densities. While the total height, tree number, basal area and total volume were proportional to plant density, diameter at breast height was inversely proportional to the density.

**Key words:** initial density, growth, basal area, volume, Argentina.

### **Introducción**

*Eucalyptus grandis*, está entre las especies latifoliadas con mayor potencial, basado principalmente en su crecimiento y en los múltiples productos que genera. Esto no es ajeno en la provincia de Misiones, ya que su implantación es creciente, contando a la fecha con más de 25000 ha forestadas (Censo Forestal 2010). La madera tiene múltiples destinos: aserrado, laminado, molienda, pasta celulósica, postes, impregnación, construcciones hortícolas, entre otros. En los últimos años se aprecia una revalorización de la madera de *Eucalyptus grandis* con mayor consumo en terminaciones, molduras y muebles.

En sitios de buena aptitud y con una silvicultura apropiada es la especie con mayor tasa de crecimiento, puede alcanzar 60 m<sup>3</sup>/ha/año de madera. En cambio, si el sitio no es el adecuado y la silvicultura no es la apropiada el crecimiento no supera los 15 m<sup>3</sup>/ha/año (Aparicio, 2004).

El crecimiento y la producción de un rodal proveniente de un material genético dado, según Crechi *et al.* (2001), están determinados por 4 factores: la edad, la capacidad productiva del sitio (calidad de sitio), el grado en el cual esa capacidad productiva innata está siendo totalmente utilizada (densidad) y los tratamientos culturales aplicados, tales como raleo, fertilización, control de malezas, poda, etc.

La densidad inicial de plantación influye directamente sobre los costos de implantación y posterior manejo y aprovechamiento, el futuro rendimiento del bosque y su destino industrial. La densidad afecta la productividad total entre el momento de plantación y el de ocupación total del sitio (Cremer *et al.*, 1984).

La densidad óptima depende de: objetivo de producción (tamaño de rollos deseados, con destino energía o aserrado/laminado), sitio, material genético y turno.

La densidad de un rodal es uno de los factores principales que determinan las tasas de crecimientos grupales e individuales y puede ser manejada a lo largo del ciclo productivo o establecida al momento de establecer la plantación, es una de las decisiones más difíciles a definir por el productor forestal (Daniel *et al.*, 1982).

Los eucaliptos, que tradicionalmente respondían a emprendimientos productivos forestales puros, pasaron también a ser especies adecuadas para otros objetivos, entre ellos los silvopastoriles, que combinan carne con madera de alta calidad.

Uno de los principales objetivos del manejo es dirigir la producción de un rodal de tal modo de maximizar la producción de los bienes establecidos como producción objetivo (maximizar volumen total, volumen de madera gruesa, de forraje bajo cubierta forestal, etc.). En lo que hace a esquemas de manejo orientados a la producción de madera para diferentes destinos industriales, aún no se tiene certeza de qué densidad de plantación es la más adecuada en función de un objetivo de producción. Si bien existen antecedentes en la región (Crechi *et al.*, 1991, 1992, 2003; Fahler *et al.*, 1980, 1986; Pujato *et al.*, 1983; Smith *et al.*, 1991; Fernández *et al.*, 1991; Friedl *et al.*, 1991) podemos decir que para esta especie en Misiones estamos en una etapa inicial y solo podemos dar respuestas parciales a diferentes objetivos de producción.

El objetivo del ensayo es llegar al turno, con ocupación plena del sitio, mínima mortandad, con el producto deseado plenamente logrado y en el menor tiempo posible.

El objetivo de este trabajo es mostrar la evolución y tendencias en el crecimiento de diferentes variables de rodal, hasta la edad de 2 años, como respuesta a diferentes densidades de plantación.

## Material y Métodos

**Localización del ensayo:** El ensayo se encuentra localizado en propiedad de la empresa Plantar S.A. (26°02'18,70'' S y 54°36'29,17'' O; a 231 msnm), en Puerto Esperanza, Departamento Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina.

**Descripción del ensayo:** Instalado en octubre de 2011, suelo rojo, post tala rasa de pino resinoso, ocupa una superficie de 3 hectáreas, y responde a un diseño de bloques completos al azar, 4 tratamientos, con 3 repeticiones. Los tratamientos responden a 4 densidades iniciales de plantación, 2500, 1250, 625 y 312 plantas por hectárea.

En la **Figura 1** se observa el plano del ensayo con los tratamientos (pl/ha) distribuidos al azar dentro de cada uno de los bloques



**Figura 1. Plano ensayo experimental**

**Figure 1. Experimental test plane**

BI	1250	312	2500	625
BII	2500	312	625	1250
BIII	312	2500	1250	625

Considerando las densidades definidas, las mismas responden a **T1**: 2500 plantas por hectárea (espaciamiento 2m x 2m), representa alta densidad con destino biomasa, se busca la máxima producción de volumen sin importar tamaño de productos. Se calcula turno de 6 años.

**T2**: 1250 plantas por hectárea (2m x 4m), representa densidad media – alta con destino múltiple (fino-medio). Se calcula turno de 8 años.

**T3**: 625 plantas por hectárea (4m x 4m), densidad baja con destino aserrable grueso y laminable. Se calcula turno de 10 años.

**T4**: 312 plantas por hectárea (4m x 8m), densidad más baja con destino a rollos aserrables gruesos y laminables gruesos. Opción silvopastoril. Se calcula turno de 12 años.

**Manejo**: La conducción del ensayo no contempla raleos, sí en cambio se realizarán podas suaves y sistemáticas en el tiempo, de manera de no afectar el crecimiento. Se las realizará periódicamente hasta lograr una altura de poda de alrededor de 7-9.5 m (toras múltiples de 2,25 m). Deberá ser aplicada por igual a todos los tratamientos y se extraerá un porcentaje en ningún caso superior al 30% de la copa viva.

**Mediciones, análisis de datos**: A excepción del 1º año, en que se midió el diámetro a la altura del pecho (dap) de todos los árboles vivos y sus respectivas alturas (h), al 2º año se midió además del dap una muestra de alturas de 10 árboles por cada parcela, con la finalidad de ajustar una ecuación que permita estimar la altura de todos los árboles de la parcela.

#### **Variables a medir actualmente y a futuro:**

dap (cm): diámetro a la altura del pecho (1,3 m) en cm de todos los árboles de la parcela

h (m): altura total de una muestra de árboles por parcela. En general se miden 10 árboles, cubriendo toda la variación diamétrica presente.

Hbcv (m): altura de la base de copa verde, se la medirá en los mismos 10 árboles por parcela en que se mide altura total.

A partir de estas variables se calculan:

dap promedio (cm): promedio de todos los árboles vivos de la parcela.

N (pl/ha): Número de árboles vivos por hectárea.

Mortalidad: Principalmente aquella ocurrida por competencia entre árboles de eucalipto y/o aquella debida a otras causas.

h promedio (m): Con los pares de datos dap-ht se ajustarán relaciones hipsométricas, que permiten calcular la altura de cada uno de los árboles de la parcela.

Hdom (m): altura equivalente a los 100 árboles más gruesos por hectárea, en relación a la superficie de la parcela (1 árbol cada 100 m<sup>2</sup>). Surgirá de ajustar una relación hipsométrica para cada tratamiento y con ella estimar la altura de todos los árboles de cada parcela.

Área basal (m<sup>2</sup>/ha): Sumatoria de las secciones a 1,3 m de altura de todos los árboles vivos de la parcela (m<sup>2</sup>/ha).

Kilómetros de copa (km/ha): Es una medida de densidad, ya que permite determinar la cantidad de copa viva presente, y puede ser expresada en km/ha. Se la obtiene como la sumatoria de la diferencia entre las alturas totales y las alturas de base de copa viva de todos los árboles de la parcela y por hectárea.

Volumen total y volúmenes parciales (m<sup>3</sup>/ha): A partir de ecuaciones de volumen de árboles individuales disponibles (Fassola *et al.* 2007), se calculan los volúmenes de todos los árboles de la parcela y por hectárea. Los volúmenes según objetivos de producción (para diferentes diámetros en punta fina) se estiman a través de funciones de volumen-forma disponibles (Fassola *et al.*, 2007).

El análisis de datos a la fecha consiste en presentar valores promedios de diferentes variables de estado de rodal (dap,cm; h, m; N, árb/ha; AB, m<sup>2</sup>/ha; V, m<sup>3</sup>/ha; S,%), así como sus respectivas tendencias.

## Resultados y discusión

**Alturas estimadas:** Las ecuaciones con sus respectivos coeficientes y estadísticos obtenidos a partir de regresión lineal simple, donde un modelo en particular presentó mejor performance, obtenidas a partir de las mediciones realizadas al 2° año, se presentan en la **Tabla 1**.

**Tabla 1: Relación hipsométrica *Eucalyptus grandis* al 2° año**  
**Table 1: Hypsometric relation for *Eucalyptus grandis* at 2° year**

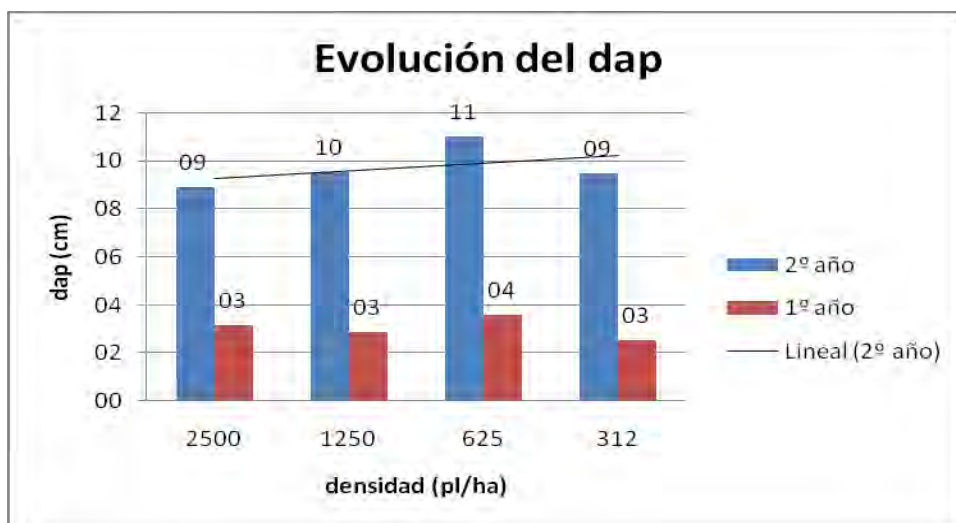
Tratamiento	Modelo	Bloque	R <sup>2</sup>
2500	$h = 2,9233dap^{0,5759}$	1	0,9451
1250	$h = 2,0099dap^{0,6905}$	1	0,9526
625	$h = 2,0963dap^{0,6647}$	1	0,9591
312	$h = 1,477dap^{0,7783}$	1	0,9491
2500	$h = 3,168dap^{0,5689}$	2	0,9374
1250	$h = 4,6787dap^{0,3907}$	2	0,7849
625	$h = 2,185dap^{0,6797}$	2	0,9326
312	$h = 2,0447dap^{0,6354}$	2	0,7019
2500	$h = 3,063dap^{0,5975}$	3	0,8975
1250	$h = 3,0809dap^{0,5537}$	3	0,927
625	$h = 3,9859dap^{0,4399}$	3	0,9654
312	$h = 2,3656dap^{0,5869}$	3	0,9668

Los valores promedios de diferentes variables de estado de rodal, producto de las mediciones realizadas al 1° y 2° año, se presentan en la **Tabla 2**.

**Tabla 2: Valores promedios de diferentes variables medidas al 1º y 2º año**  
**Table 2: Mean values of different variables measured at 1º and 2º Year**

Variable	Edad	Densidad			
		2500 pl/ha	1250 pl/ha	625 pl/ha	312 pl/ha
dap (cm)	2º año	8,9	9,5	11,0	9,5
dap (cm)	1º año	3,2	2,9	3,6	2,6
h (m)	2º año	10,7	10,3	10,8	8,5
h (m)	1º año	3,9	3,4	3,6	2,9
N (pl/ha)	2º año	1724	791	386	215
N (pl/ha)	1º año	1825	853	443	227
S (%)	2º año	69	66	62	69
S (%)	1º año	73	68	71	73
AB (m²/ha)	2º año	12,5	6,4	4,1	1,7
AB (m²/ha)	1º año	1,8	0,7	0,5	0,1
Vt (m³/ha)	2º año	64,2	34,5	21,8	8,2
Vt (m³/ha)	1º año	3,7	1,4	1,0	0,3

La expresión gráfica del efecto de los tratamientos para cada una de las variables analizadas se muestra en las figuras que a continuación se presentan.



**Gráfico 1: Crecimiento en dap**  
**Figure 1: Growth in diameter breast height**

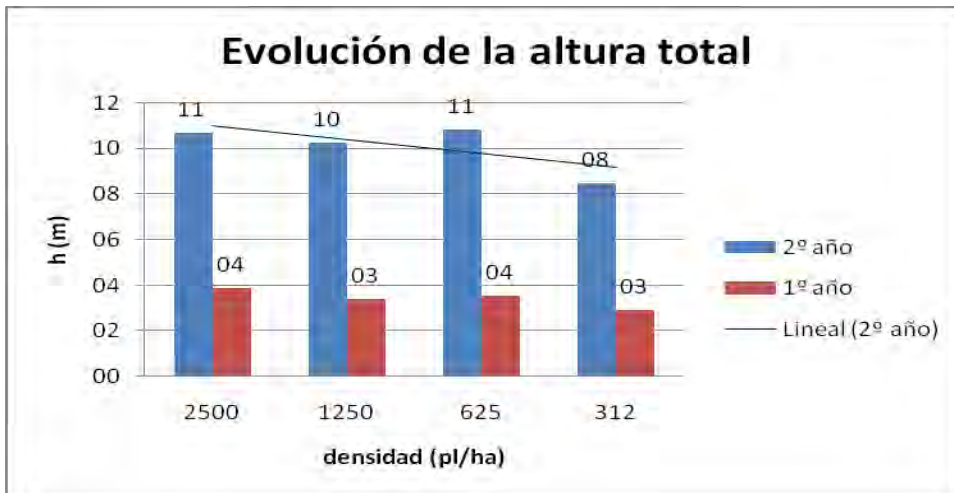


Gráfico 2: Crecimiento en altura total  
Figure 2: Growth in total height

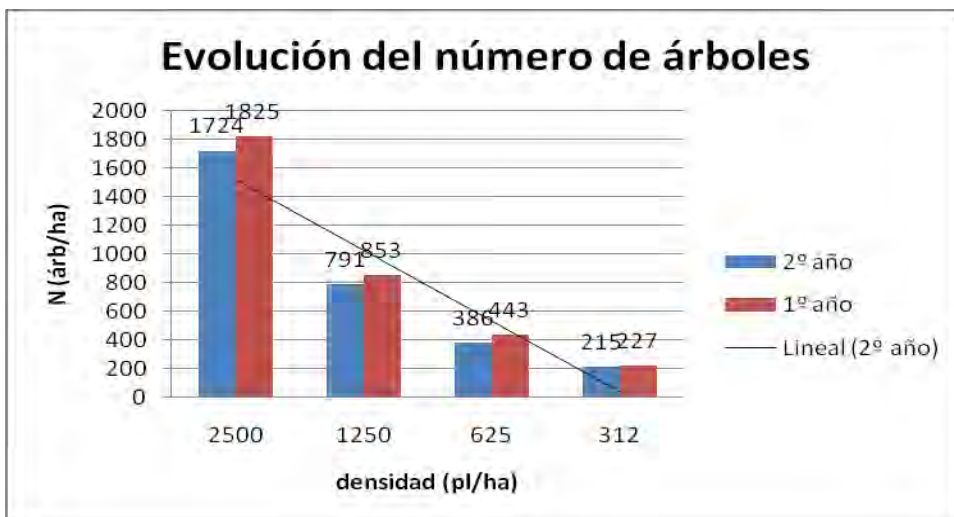


Gráfico 3: Evolución del número de árboles  
Figure 3: Evolution of the number of trees

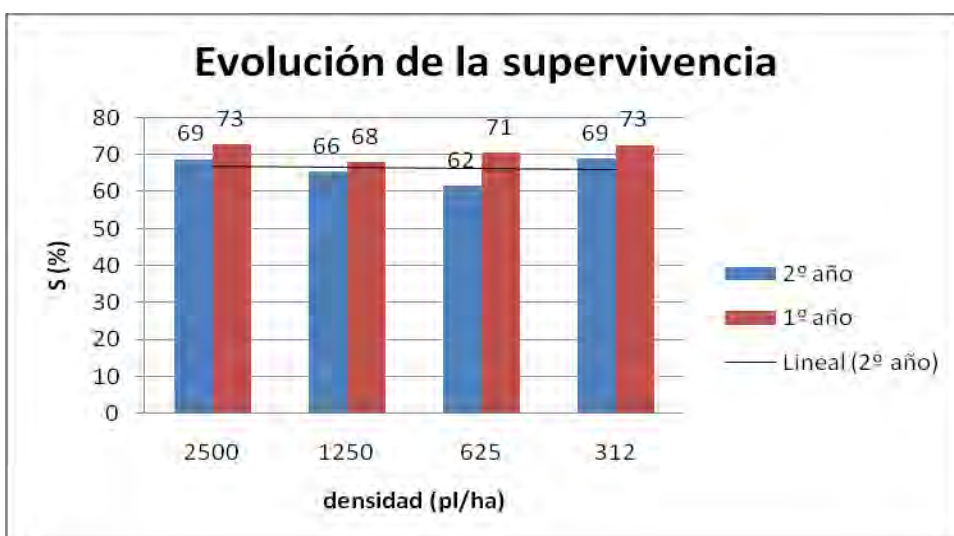


Gráfico 4: Evolución de la supervivencia  
Figure 4: Evolution of survival

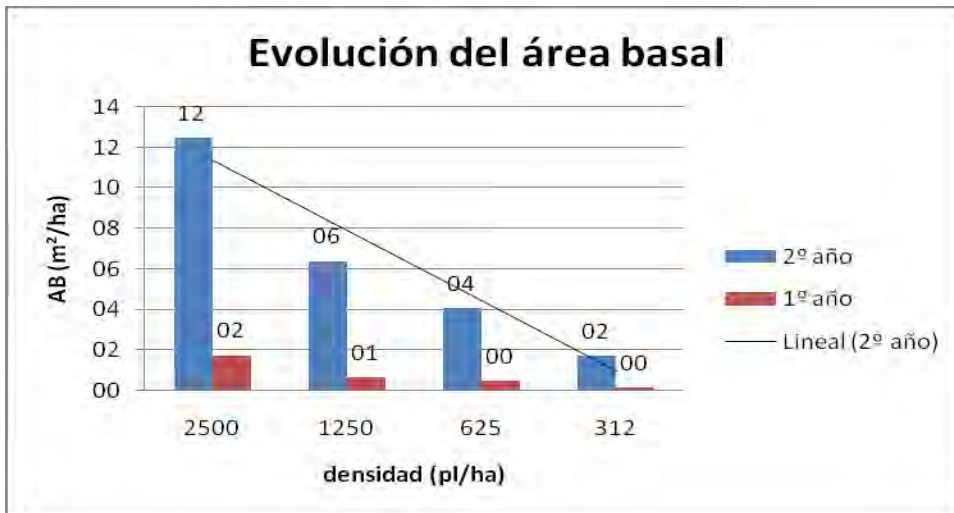


Gráfico 5: Evolución del área basal  
Figure 5: Evolution of the basal area

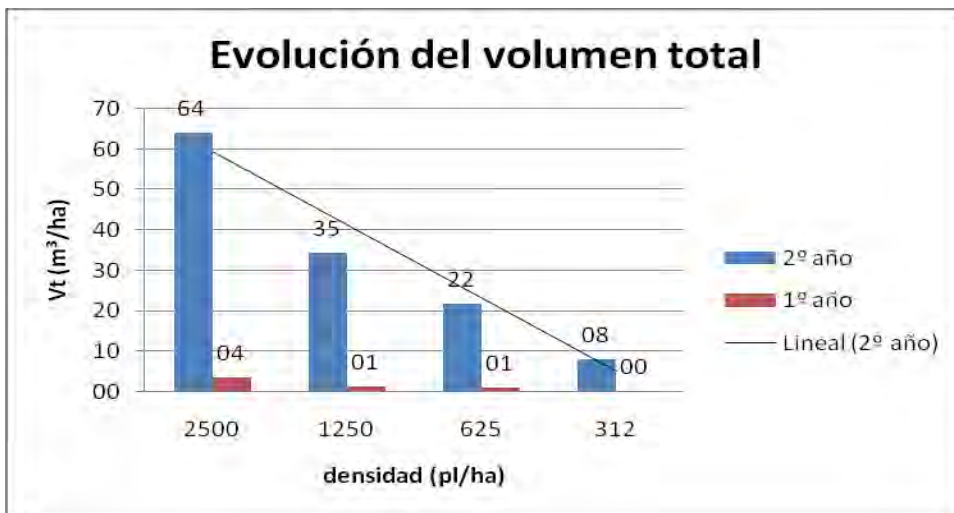


Gráfico 6: Evolución del volumen total  
Figure 6: Evolution of the total volumen

Las tendencias observadas con las variables anteriormente definidas, (dap,cm; h, m; N, árb/ha; AB, m²/ha; V, m³/ha; S,%), son también las observadas por numerosos autores, con la misma y otras especies, entre ellos, López *et al.*, 1994; Dalla Tea, 1995; Crechiet *al.*, 2003; Smith *et al.*, 1991.

En particular, según Crechiet *al.*, 2003, con la misma especie, a medida que aumentó el espaciamiento aumentó el dap y disminuyó el área basal y el volumen total.

## CONCLUSIONES

Hasta los 2 años de edad, se observaron diferencias en la evolución y tendencias del crecimiento de diferentes variables de estado de rodal, producto del efecto de diferentes densidades de plantación. Mientras la altura total, el número de árboles, el área basal y volumen total fueron proporcionales a la densidad de plantación, el diámetro a la altura del pecho resultó inversamente proporcional a la densidad.

Es de esperar que a edades más avanzadas, estas variables se presenten con valores significativamente diferentes unos de otros, como respuesta a diferentes niveles de competencias entre árboles de eucaliptos, producto de diferentes densidades de plantación.

## BIBLIOGRAFIA

- Aparicio, J. L.; Larroca, F.; Dalla Tea, F. 2004. Silvicultura de Establecimiento de *Eucalyptus grandis*. IDIA XXI. P. 64-67.
- Censo Forestal. SIFIP – Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial. 2010. Ministerio del Agro y la Producción de la Provincia de Misiones. [www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones.../201.pdf](http://www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones.../201.pdf)
- Crechi, E. H.; Friedl R. A.; Fernández, R. A.; 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Parte III: Volúmenes de la masa. (Trabajo presentado a las VI Jornadas Técnicas, Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales. Eldorado, 9 al 12 de Octubre de 1991), p. 306-320.
- Crechi, E. H.; Friedl, R. A.; Fernández, R. A. 1992. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Pinustaeda L.* Trabajo presentado a las Jornadas sobre Pinos Subtropicales. CIEF. Eldorado, 5 al 7 de Agosto de 1992. Actas Tomo I, p.92-110.
- Crechi, E. H.; Friedl R. A.; Fernández, R. A.; Fahler, J. C. 2001. Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Pinustaeda L.* sobre el crecimiento y la producción en el Noroeste de Misiones, Argentina". 2º Simposio Latino-Americano Sobre Manejo Forestal. UFSM. Pós Graduação En Ingeniería Forestal. Santa María, Rs, Brasil. P 189-210. 13-14/09/01.
- Crechi E.; Fernández R.; Fassola H.; Friedl R.; Reboratti H.; Kuzdra H. 2003. Efectos de la densidad de plantación sobre el crecimiento y la producción en *Eucalyptusgrandis* a la edad de 6 años. En: 10º Jornadas Técnicas Forestales Y Ambientales. FCF-INTA. Eldorado, Misiones, 25-27/09/03.
- Cremer K. W., Cromer R. N., Florence R. G. 1984. Stand establishment. In: Hillis W. E., Brown A. G., Eds. *Eucalyptus for Wood Production*, Academic Press/CSIRO Australia, pp. 81-135
- Dalla Tea F. 1995. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptusgrandis* en Entre Ríos, Argentina. Invest. Agr.:Sist. Recur. For.Vol. 4 (1), 1995. P 57-71.
- Daniel, P. W.; Helms, V. E.; Baker, F. S. 1982.Principios de Silvicultura. Mc-Graw Hill. México, 492 p.
- Fahler, J. C.; Di Lucca, C. M. 1980. Tabla de producción de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Datos preliminares para 10 densidades. Edad 8 años. En: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF GENUS ARAUCARIA, 1. Curitiba, 1979. FUPEF. P. 339-346.
- Fahler, J. C.; Di Lucca, C. M.; Orozco, E. G.; Rodriguez, G. H.; Gimenez, S. 1986. Comportamiento de 10 diferentes densidades de plantación inicial en *Pinustaeda* a los 8 años de edad en suelos del complejo 9 (CARTA) en la Provincia de Misiones. Informe técnico N° 46. INTA EEA-Cerro Azul, 14 p.
- Fassola H. E.; CrechiE. H.; Keller A. E.; Fernández E. 2007. Funciones y Algoritmos dasométricos para manejo silvícola intensivo, de aplicación en plantaciones forestales orientadas a producción de madera de alto valor agregado. Región Mesopotámica. *Pinuselliottii* y *Eucalyptusgrandis*. Parcial para *Pinustaeda*. Informe Final Proyecto PAN 571. INTA EEA Montecarlo. INFORME TÉCNICO N° 61. 103 p.
- Fernández, R. A.; Crechi, E. H.; Friedl R. A.; 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Parte II: Número de árboles, mortandad, área basal y altura dominante. (Trabajo presentado a las VI Jornadas Técnicas, Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales. Eldorado, 9 al 12 de Octubre de 1991), p. 291- 305.
- Friedl R. A.; Fernández, R. A.; Crechi, E. H.; 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Parte I: Dimensiones del árbol medio. (Trabajo presentado a las VI Jornadas Técnicas, Inventarios - Modelos de Producción y Crecimiento Forestales. Eldorado, 9 al 12 de Octubre de 1991), p. 277- 290.
- López J. A.; Aparicio J. L.; Ligier D.; Glade J. 1994. Rendimiento de *Eucalyptusgrandis* con diferentes distancias de plantación. Jornada forestal INTA EEA Bella Vista, Corrientes.
- Pujato, J., Marlatz, R. M. 1983. Datos de crecimiento y producción de *Araucaria angustifolia* a los 9 años de edad para 10 espaciamientos iniciales diferentes (Informe Preliminar). En: XIX Congreso de ATIPCA. Buenos Aires. p. 25-41.
- Smith, J. A.; López, J. A. 1991. Influencia de diferentes espaciamientos de plantación en el crecimiento de *Eucalyptusgrandis*. Jornadas sobre eucaliptos de alta productividad. CIEF. Buenos Aires, Argentina. Actas tomo II, p. 269-279.

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE CAÑAFÍSTOLA Y HOVENIA EN UN ENSAYO DE ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUES NATIVOS EN SANTIAGO DE LINIERS, MISIONES - ARGENTINA**

**GROWTH EVALUATION OF CAÑAFÍSTOLA AND HOVENIA IN AN ENRICHMENT TEST OF NATIVE FORESTS IN SANTIAGO DE LINIERS, MISIONES - ARGENTINA**

**Fernández, Margarita<sup>1</sup>; Maiocco D.C.<sup>2</sup>; Stehr A.M.<sup>2</sup>; Dummel, C.<sup>2</sup>; Gómez, C.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Alumnos carrera de Ingeniería Forestal, FCF-UNaM., Becaria CIN. E-mail: bellismargarita@gmail.com

<sup>2</sup>Docentes Facultad de Ciencias Forestales. UNAM. Bertoni 124, (3382) Eldorado, Misiones, Argentina. TE y FAX: 54-03751-431526-431780. E-mail: dmaiocco@facfor.unam.edu.ar

**Resumen**

Con la implementación del ensayo se pretende analizar el comportamiento de Cañafístola (*Peltophorum dubium* (Spr.) Taub.) y Hovenia (*Hoveniadelphica* Thunb.) bajo un esquema de enriquecimiento en tres diferentes situaciones de bosque degradado. Fue instalado en el municipio de Santiago del Liniers, Provincia de Misiones en el año 2012, en un diseño experimental de 30 bloques completos al azar en arreglo factorial 3 x 2 (3 sitios y 2 especies), es decir, 6 tratamientos de 5 repeticiones en cada uno de los sitios. A los 12 y 19 meses de plantación se evaluó el incremento en altura total, sobrevivencia e incidencia de heladas y plagas. Cañafístola y Hovenia presentaron sobrevivencia de 83% y 85%, respectivamente, y no se registraron ataques de plagas. Se observaron diferencias significativas en crecimiento en altura total entre especies y entre sitios.

**Palabras clave:** Bosque nativo, crecimiento, *Peltophorum dubium*, *Hoveniadelphica*.

**Summary**

The probability of growing *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. (Caesalpinaceae) and *Hoveniadelphica* Thunb. (Rhamnaceae), by way of enrichment planting in different situations of overexploited forest was analyzed. The experiment took place in Santiago de Liniers (Misiones) in 2012 and encompassed two species among 30 random plots, across three sites (factorial 3 x 2), and consisted of six treatments at 25 repetitions per site. Total height, increased height, survival, and incidence of frost and pests were evaluated at 12 and 19 months of growth. Hovenia and Cañafístola exhibited survival rates of 83% and 85%, respectively, and no pest attacks were observed. Significant differences were recorded in total height of growth between species and between sites.

**Keywords:** native forest, Misiones, growth, *Peltophorum dubium*, *Hoveniadelphica*.

## Introducción

Misiones es la provincia que registra el mayor valor de diversidad vegetal de la Argentina siendo de suma importancia el papel del bosque en la vida de muchas comunidades locales y originarias, además de ser sustento protección de variados ecosistemas (Pearce y Perrings, 1995). Según el último Inventario Forestal Nacional del año 2001, cuenta con 1.453.000 has de bosques nativos; de las cuales 500.000 ha fueron categorizadas como “capueras” (bosques secundarios). Los principales factores de erosión de los recursos forestales nativos tienen su origen en las diversas etapas del desarrollo económico y social de Misiones, cada una de las cuales causó un impacto ambiental particular (Laclau, 1994; Kozarik y Díaz Benetti, 1997; Pereyra, 1997).

El enriquecimiento en bosque es una técnica empleada por el hombre en aquellos bosques que han perdido significativamente su capacidad y calidad productiva y disminuido considerablemente su potencial de repoblación. Constituye una alternativa económica a la forestación en macizo y es un sistema de mejoramiento cuali-cuantitativo del bosque nativo (Gómez, 2003).

Hasta el presente se han realizado algunos estudios en la provincia sobre el potencial de recuperación de los bosques degradados, en especial plantaciones de enriquecimiento bajo cubierta, e incluyendo a veces estudios de regeneración natural (Eibl, 1994; Eibl *et al.*, 1994a y 1996; Grance y Maiocco, 1995; Montagnini *et al.*, 1997). Por otra parte, se ha estudiado la dinámica de las especies nativas en sitios sometidos a diferentes usos en parcelas permanentes y con monitoreo de renovales (Maiocco *et al.*, 1994; Vera, 1995; Grance y Maiocco, 1995; Gauto *et al.*, 1996; Eibl *et al.*, 1996). Esta información sigue siendo insuficiente y es necesario desarrollar investigaciones al respecto con mayor número de especies y en diferentes situaciones de sitio incorporando el factor económico; muy relevante como herramienta de decisión por los productores y técnicos.

La elección de *Peltophorum dubium* (Spr.) Taub. (Caesalpinaceae) y de *Hovenia dulcis* THUNB. (Rhamnaceae) como especies potenciales para el enriquecimiento de bosques degradados es debido a sus antecedentes tecnológicos y económicos importantes y por la adaptabilidad de las mismas a estos tipos de prácticas silvícolas. Cañafistola es un árbol de crecimiento rápido, hasta 2 cm en diámetro y 3 m de altura en los primeros años (Gómez, 2003). En fajas de enriquecimiento se han registrado crecimientos de 0,23 cm/año con una sobrevivencia del 54%. Es sensible a las heladas en sus primeros años. De las especies nativas es una de las de mayor crecimiento, posee muy buena forma, sin ramificaciones y no se han observado ataques de plagas. (Gauto, 2006). *Hovenia dulcis* por su parte es un árbol exótico originario de Asia que en individuos aislados no supera los 15 metros de altura y en masas densas llega a más de 20 metros. Resistente a las heladas y al ataque de hormigas, crece en suelos compactos, superficiales y pedregosos; no prospera en lugares con excesiva humedad y de escasa fertilidad. Es madera de buenas propiedades tecnológicas lo cual la vuelve apta para usos estructurales (GONZALEZ *et al.*, 2003) aunque sus bondades también puedan atribuirse a su uso como melífera y árbol frutal.

El presente trabajo fue realizado en el marco de una “Beca Estímulo a las Vocaciones Científicas” del CIN, y su objetivo es presentar los valores de altura, incidencia de heladas, plagas y sobrevivencia a los 12 y 19 meses de plantación.



## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de estudio**

El ensayo se implementó en una propiedad ubicada en el Municipio de Santiago de Liniers, Departamento Eldorado, Misiones, entre los 54° 26' de longitud Oeste y 26° 28' de latitud Sur, a una altitud de 254 m.s.n.m. El clima se caracteriza por una temperatura media anual de 18 °C y una precipitación media anual de 2020 mm, con régimen uniforme (Silva, 2008).

A los efectos de determinar el grado de cobertura (área basal) y la riqueza de especies arbóreas de los bosques estudiados se relevaron los árboles a partir de 10 cm de DAP, en parcelas cuadradas de 10 m x 10 m.

### **Establecimiento del ensayo. Diseño**

Se implementaron durante el año 2012 parcelas de enriquecimiento en los tres sitios, utilizando plantines de Cañafistola (*P. dubium*) y Hovenia (*H. dulcis*), de un año de edad adquiridos en vivero comerciales de la zona que se ubicaron en forma mixta y alternadas, con una separación de 5 m entre plantas, en transectos de 2 m de ancho y 50 m de largo, distanciados 10 m entre sí, en dirección Este-Oeste (EO). Cada sitio conto con 5 parcelas de 10 plantas en cada uno de ellos, de 5 repeticiones por especie; en total 75 plantas de cañafistula y 75 plantas de Hovenia. Los plantines tenían una altura promedio inicial de 0,50 m y no se realizaron reposiciones debido a la alta tasa de sobrevivencia inicial. En el primer año se realizó el desmalezado alrededor de cada planta, en dos oportunidades.

Los tratamientos evaluados fueron combinaciones de:

- a) Sitios experimentales: Bosque primario degradado (S1), Bosque secundario en estado avanzado (S2) y Bosque primario degradado (S3); y
- b) Especies: Cañafistula (CF), Hovenia (HO).

### **VARIABLES ANALIZADAS**

Las variables analizadas fueron: altura total, sobrevivencia e incidencia de heladas y plagas. Se tomó registro de altura a los 12 y 19 meses de plantación, mientras que la sobrevivencia se calculó en base a la mortandad a los 19 meses. Incidencia de heladas fué registrada según 3 niveles: no afectada (0), <50% brotes (1), >50% brotes (2), con observación directa del individuo.

### **Análisis estadístico de los datos**

Tomando como unidad experimental a la planta y con un diseño experimental de 30 bloques completos al azar en arreglo factorial 3 x 2 (3 sitios y 2 especies), es decir, 6 tratamientos de 5 repeticiones en cada uno de los sitios; se analizaron los datos de altura con un programa estadístico (Infostat, 2013) mediante ANOVA y los promedios fueron contrastados mediante el test de Duncan. Previamente se realizó el test de Shapiro-Wilk (STEEL & TORRIE, 1980) para verificar la normalidad de los datos y el test de Levene para verificar la homogeneidad de la varianza (STEEL & TORRIE, 1980). Para las demás variables se analizaron sus medidas descriptivas.

## Resultados y discusión

En **latabla 1** se presenta el resultado del análisis de las características del bosque (estrato arbóreo de los árboles mayores a 10 cm de D.A.P.) en cada uno de los sitios del ensayo.

**Tabla 1: Datos de la estructura general de los sitios evaluados.**

**Table 1: Data of the general structure of the evaluated sites.**

Característica	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Situación	Bosque primario degradado	Bosque secundario en estado avanzado	Bosque primario degradado
Número de especies	11	9	11
Índice de Simpson <sup>-1</sup>	0,872	0,8318	0,8864
Densidad (Ind./ha.)	425	575	475
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	17,22	11,00	15,89
DMC (cm)	22,71	15,61	20,64

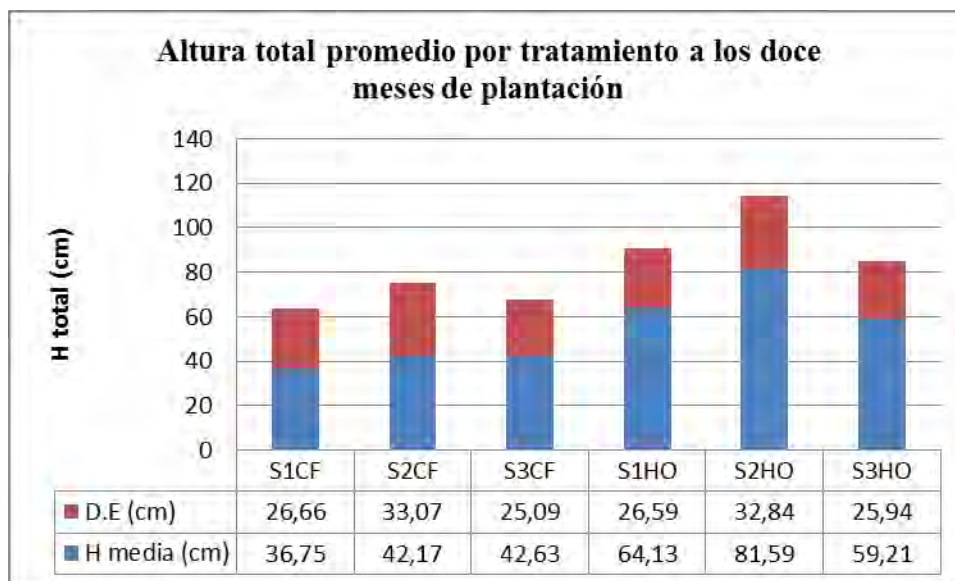
### Altura total

*H. dulcis* presentó mayor altura total promedio que *P.dubium* en todos los sitios en ambas fechas. A su vez, el bosque secundario en estado avanzado brindó mejores condiciones de crecimiento para Cañafistula y el bosque primario degradado (S1 y S3) presentó los mayores valores en altura para Hovenia. En otros trabajos realizados en la provincia, Cañafistola presentó incremento corriente anual en altura de 0,80 m en el primer año y 1,20 m en el segundo año (Sánchez, *et al* 1988; Eibl *et al*, 1993; Pérez, 2000; Gómez, 2003). La **tabla 2** y los **gráficos 1** y **2** exponen los resultados obtenidos a la fecha.

**Tabla 2: Altura (H por especie y por sitio a los 12 y 19 meses de plantación (D.E: desvío estándar).**

**Table 2: Height (H) per species and per site at 12 months of planting (D.e.: standard deviation).**

Tratamiento	H promedio a los 12 meses (cm)		H promedio a los 19 meses (cm)	
	H media (cm)	D.E (cm)	H media (cm)	D.E (cm)
S1CF	36,75	26,66	40,25	36,73
S2CF	42,17	33,07	54,77	48,00
S3CF	42,63	25,09	46,18	35,60
S1HO	64,13	26,59	82,61	36,75
S2HO	81,59	32,84	74,25	35,98
S3HO	59,21	25,94	84,29	37,40



**Gráfico 1: Altura (H) por especie y por sitio a los 12 meses de plantación.**  
**Graphic 1: Height (H) per species and per site at 12 months of planting.**



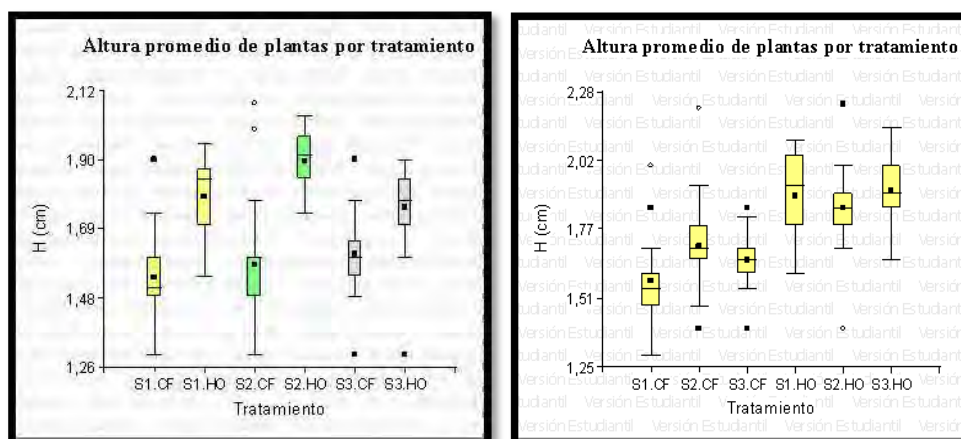
**Gráfico 2: Altura (H) por especie y por sitio a los 19 meses de plantación.**  
**Graphic 2: Height (H) per species and per site at 19 months of planting.**

Los análisis de comprobación de supuestos para la realización del análisis de varianza resultaron tener diferencias significativas y debido a ello los datos de altura total sufrieron transformación logarítmica. Con ello se lograron diferencias no significativas tanto para el test de normalidad de los datos con el test de Shapiro-Wilk ( $W= 0,97^*$  y  $p=0,06$ ) como para el test de homogeneidad de la varianza ( $\alpha=0,05$  y  $p=0,41$ ). Viendo que se cumplían los supuestos correspondientes se prosiguió a realizar el ANOVA al nivel de significancia del 1 y del 5%.

Se observaron diferencias altamente significativas en altura total entre especies e interacción sitio/especie para ambas fechas (**tabla 3**). Hubo diferencias significativas entre sitios a los 12 meses, siendo no significativa a los 19 meses.

Por otro lado la prueba de comparación de medias, realizada mediante el test de Duncan, presentó diferencias significativas entre todos los tratamientos (**gráfico 3**). A los doce meses, la Hovenia en el bosque secundario de estado avanzado resultó significativamente diferente de los demás tratamientos, siendo S1HO y S3HO el segundo y tercer tratamiento de mejor performance y no diferentes entre sí. Cañafistola presentó comportamientos similares en los 3 sitios y menor crecimiento que Hovenia.

A los 19 meses, Hovenia en todos los sitios se diferenció notablemente de Cañafistola, sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos en los cuales se encontraba. Cañafistola en bosque secundario de estado avanzado resultó con diferencia significativa con respecto a los tratamientos en bosque primario degradado.



**Gráfico 3:** Gráfico de cajas para altura por tratamiento. Izq.: a los 12 meses. Der.: a los 19 meses.  
**Graphic 3:** Box plot for height per treatment. Left: at 12 months. Right: At 19 months.

**Tabla 3:** Resultados del análisis de variancia para altura para dos especies en 3 situaciones de bosque diferentes.

**Table 3:** ANOVA results for total height for two species in three different forest situations.

	FV	gl	Cuadrado medio	
			Altura total	
			12 meses	19 meses
<b>Modelo</b>		5	0,43	0,4
<b>Sitio</b>		2	0,07**	0,03
<b>Especie</b>		1	1,79**	1,75**
<b>Sitio*Especie</b>		2	0,08**	0,08**
<b>Error</b>		120	0,02	0,02

\*=significativo (a nivel del 5%), \*\*=altamente significativo (a niveles del 1 y 5%)

### Sobrevivencia

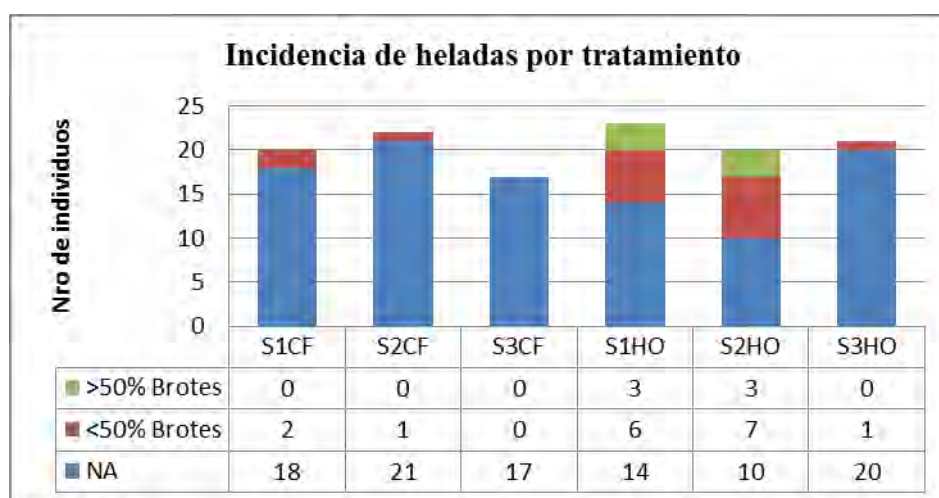
En la **tabla 4** se muestran los valores de sobrevivencia los 19 meses por sitio. La sobrevivencia va de 76 a 89 % en el bosque primario degradado mientras que en el bosque secundario es de 83% notándose hasta ésta evaluación un comportamiento similar en las dos especies.

**Tabla 4: Supervivencia a los 19 meses de plantación.**  
**Table 4: Survival at 19 months of planting.**

Especie	Supervivencia 19 meses (%)		
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
CF	85,71	83,67	77,08
HO	89,36	83,67	76

### Incidenca de heladas

En el transcurso del año 2013 hubo heladas en los meses de julio y agosto, las cuales repercutieron de forma importante en las plantas de todos tratamientos pero sin llegar a causar muerte de las plantas. El síntoma más observado en las plantas fue necrosis de tejidos apicales y de brotes, hasta en un 50% del individuo, sobre todo en Hovenia. El nivel de incidencia de heladas a los 19 meses se resume en el **gráfico 4**.



**Gráfico 4: Incidencia de heladas por especie y por sitio a los 19 meses de plantación.**  
**Graphic 4: Incidence of frost per species and per site at 19 months of planting.**

### Conclusiones

Se destaca Hovenia como la especie con mayor crecimiento en los diferentes sitios del ensayo.

Ninguna de las especies estudiadas presentó problemas fitosanitarios que limiten su crecimiento.

Ambas especies tienen una alta supervivencia (mayor al 76 %) a los 19 meses de implantación; pero Hovenia presentó los mayores valores de supervivencia en los 3 sitios, a pesar de presentar mayor afección en sus brotes a causa de las heladas.

## Bibliografía

- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZÁLEZ, L., TABLADA M., ROBLEDO C. W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- EIBL, B. 1993. Enriquecimiento en fajas con especies forestales nativas en San Pedro. Misiones. Actas VI Jornadas Técnicas. Eldorado, Misiones, pag. 268-276.
- EIBL, B. 1994. Enriquecimiento con especies forestales nativas asociadas al palmito (*Euterpeedulis*) en San Pedro, Misiones, R. A. III Jornada de Trabajo sobre Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera, Eldorado. Fac. de Cs. Forestales, UNaM, Serie Técnica N°5.
- EIBL, B.; MONTAGNINI, F.; WOODWARD, C.; SZCZIPANSKI, L. y R. RÍOS. 1996. Evolución de la regeneración natural en dos sistemas de aprovechamiento y bosque nativo no perturbado en la provincia de Misiones. Yvyretá 7: 63-78.
- GAUTO, A. O.; GRANCE, L. A.; MAIOCCO, D. C. y A. FIGUEIREDO FILHO. 1996. Crecimiento de la masa de bosque nativo en la reserva forestal Guaraní (Misiones). Yvyretá 7: 5-10.
- GAUTO, J. 2006. Manual del pequeño silvicultor. Subsecretaría de Bosques y Forestación. Ministerio de Ecología, Recursos Naturales Renovables y Turismo. Págs. 49-56. Posadas, Misiones.
- GOMEZ, C y CARDOZO F. 2003. Enriquecimiento del bosque nativo con Ibirá puita guazú (*Peltophorumdubium SPRENG*). 14 p. Presidencia de la Plaza, Chaco.
- GONZALEZ, R. A.; PEREYRA, O.; SUIRESZ, T. M. 2003. Estudio de las propiedades tecnológicas de las maderas de cinco especies forestales de interés industrial de Misiones, Argentina. Revista Yvyretá. Eldorado, Misiones. p. 35-41
- GRANCE, L. A.; MAIOCCO, D. C. 1995. Enriquecimiento del Bosque Nativo con *Bastardiopsisdensiflora* (Hook et Arn.) Hassl., cortas de mejoras y estímulo a la regeneración natural en Guaraní, Misiones. Yvyretá 6: 29- 44.
- KOZARIK, J.C.; DIAZ BENETTI, W. 1997. Los Bosques Naturales de Misiones. Principales Factores que determinaron su Deterioro Ambiental. II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Posadas-Misiones.
- LACLAU, P. 1994. La Conservación de los Recursos Naturales y el Hombre en la Selva Paranaense. Fundación Vida Silvestre, Boletín Técnico N° 20, 139 pp.
- MAIOCCO D. C.; GRANCE, L. A.; GAUTO, O. A. y H. G. OTAZÚ. 1994. Metodología para la instalación y medición de parcelas permanentes en el estudio de la dinámica productiva del bosque subtropical misionero (Primeros resultados). Yvyretá 5: 77- 83.
- MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; GRANCE, L; MAIOCCO, D. y D. NOZZI. 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forest of the Paranaense region of Misiones, Argentina. Forestry Ecology and Management 99: 237-246.
- PEARCE, D.W.; PERRINGS, C. A.. 1995. Biodiversity conservation and economic development: local and global dimensions, en C.A.Perrings (Ed.) Biodiversityconservation, 23-40.
- PEREYRA, A. B. 1997. Transformaciones espaciales e impacto derivado del circuito económico-forestal de pinos en la provincia de Misiones (Rep. Argentina). II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Posadas.
- PÉREZ, V. R. GÓMEZ, C. A.(1993). Estudio del crecimiento de especies nativas y enriquecimiento del bosque alto explotado del Chaco Oriental. Actas VI Jornadas Técnicas .Eldorado, Misiones, pag. 211-224.
- SANCHEZ, J. R. 1988. Enriquecimiento de Bosques nativos de Misiones. Implantaciones Bajo Cubierta. Segunda Comunicación. Actas VI Congreso Forestal Argentino. Tomo I, pag. 193-195.
- SILVA, F; EIBL, B; BOBADILLA A. 2008. Características climáticas de la ciudad de Eldorado, Misiones, Argentina. FCF/ISIF. Actas XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones.
- STEEL,R;TORRIE,J.1980.Principles and Procedures or Statistics. A biometrical approach.McGraw-Hill Book Company.

**DETECCIÓN Y SEGUIMIENTO POBLACIONAL DE LA CHINCHE DEL EU-CALIPTO *Thaumastocoris peregrinus* (CARPINTERO Y DELLAPE) EN LAS PROVINCIAS DE CORRIENTES Y MISIONES**

**DETECTION AND POPULATION SURVEY OF THE EUCALYPTUS BUG *Thaumastocoris peregrinus* (CARPINTERO Y DELLAPE) IN THE CORRIENTES AND MISIONES PROVINCES**

Villalba, Nancy<sup>1</sup>; Eskiviski E.<sup>2</sup>

1- Estudiante de Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, U.Na.M. Bertoni 124 (3380) Eldorado, Misiones. E-mail: [nancy.villalba2010@hotmail.com](mailto:nancy.villalba2010@hotmail.com)

2- Ing. Ftal. INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo, Misiones. E-mail: [eskiviski.edgar@inta.gob.ar](mailto:eskiviski.edgar@inta.gob.ar)

**Resumen**

La chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* es un insecto que afecta a diversas especies del género *Eucalyptus*. Se alimenta succionando saviapreferentemente de las hojas maduras pudiendo llegar a ocasionar la defoliación parcial o total del árbol. Con el objetivo de determinar la presencia de este insecto en las provincias de Misiones y Corrientes y conocer su curva poblacional se instalaron parcelas de seguimiento en seis localidades de ambas provincias, estando cada parcela compuesta de tres trampas amarillas adhesivas. De acuerdo a las observaciones se determinó la presencia de *T. peregrinus* en los tres sitios relevados de la provincia de Corrientes, en cambio en los sitios de Misiones no se detectó su presencia en trampas. Los picos poblacionales se presentaron en los meses más cálidos, principalmente enero y febrero en Ituzaingó y Gobernador Virasoro, en tanto que en Alvear se presentaron en enero, pero también en julio.

**Palabras clave:** chinche, *Eucalyptus*, detección, curva poblacional.

**Summary**

The eucalyptus bug *Thaumastocoris peregrinus* is an insect that affects several species of the genus *Eucalyptus*. They suck sap mainly from mature leaves to produce partial or total defoliation of the tree. In order to determine the presence of this insect in the Misiones and Corrientes provinces and know their population dynamics, six survey plots were installed each locations in both provinces, with three adhesive yellow traps. The presence of *T. peregrinus* was found in the three locations in the province of Corrientes, but not in the Misiones traps. The population peaks were presented in the warmerst months mainly in January and February in Ituzaingó and Gobernador Virasoro, while in Alvear they appeared in January but also in July.

**Key words:** bug, *Eucalyptus*, detection, population curve.

## Introducción

La chinche del eucalipto (*Thaumastocaris peregrinus*) pertenece a la familia Thaumastocoridae (Orden Hemiptera), es un insecto de hábito gregario, cuerpo achatado, de 2-4 mm. de longitud y de color café claro. Se alimenta succionando savia, principalmente de hojas maduras. El ciclo de vida es corto, de aproximadamente 35 días, y la fecundidad es de 60 huevos por hembra pudiendo variar según las condiciones climáticas (Button, 2007). La reproducción es sexual y las hembras depositan los huevos de manera epifítica. Los huevos tienen una cápsula negra y generalmente se encuentran agrupados en las irregularidades de la hoja (Jacobs & Naser, 2005; Carpintero & Dellapé, 2006). Los daños que provocan la reducción de la tasa fotosintética de las hojas, retraso en el crecimiento, plateado o bronceado, secamiento y por último defoliación parcial o total del árbol, muerte en pie, además de molestias a los trabajadores en operaciones forestales (Bouvet *et al.*, 2008). Las especies hospederas del género *Eucalyptus* más susceptibles al ataque son: *E. camandulensis*, *E. tereticornis*, *E. camandulensis* x *E. grandis* y *E. viminalis*; en menor medida: *E. grandis*, *E. paniculata*, *E. robusta*, *E. sideroxylon* y *E. saligna* (Jacobs & Naser 2005).

*Thaumastocoris peregrinus* es nativa de Australia, desde donde se dispersó rápidamente a otros continentes en la última década. En el año 2003, individuos pertenecientes al género *Thaumastocoris* fueron registrados por primera vez fuera de su área de distribución natural, provocando daño en plantaciones comerciales de varias especies de eucaliptos en Sudáfrica (Jacob y Naser, 2005). Estos ejemplares fueron identificados como *T. australicus*. Al año siguiente el brote epidémico se extendió hacia Zimbabwe (Chilima, 2007). En el año 2005 fueron encontrados los primeros ejemplares en Argentina (Buenos Aires), los cuales fueron identificados como *T. australicus* (Noack y Coviella, 2006). Ese mismo año, Carpintero y Dellapé (2006) describieron *T. peregrinus* a partir de ejemplares colectados en Argentina y le adjudicaron a esta nueva especie los brotes epidémicos observados en África. En 2008 fue confirmada también la presencia de esta especie en Brasil (Wilcken, 2008) y en Uruguay (Martínez y Bianchi, 2010), luego se reportó su presencia en Chile (Ide *et al.*, 2009) y Paraguay (Benítez Díaz *et al.*, 2013).

Respecto a la fluctuación poblacional de la especie en la región, en la provincia de Concordia, Entre Ríos, se determinaron picos poblacionales entre principios de febrero en 2007 y mediados de marzo en 2008, no determinándose una correlación entre las variables climáticas que expliquen esos cambios (Bouvet *et al.*, 2009). Seguimientos poblacionales llevados a cabo en la provincia de Buenos Aires determinaron una mayor abundancia de insectos en los meses de febrero y marzo (Castelar) y entre diciembre y enero (25 de Mayo) (Andorno *et al.*, 2013).

En cuanto a los métodos de control, la opción química resulta difícil debido a la alta movilidad de los insectos, la dificultad de penetración de los insecticidas donde se ubica la plaga dentro del árbol, no existiendo productos debidamente registrados para estos insectos y a su vez, los productos químicos pueden causar impacto sobre la fauna benéfica. La mejor opción para este tipo de plagas es el control biológico. En su lugar de origen se ha detectado una especie parasitoide de huevos con potencial para el control, que es la avispa *Cheruchoides noackae* (Hymenoptera, Mymaridae) que ataca los huevos de *T. peregrinus* (Lin, *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo es determinar la presencia de *T. peregrinus* en plantaciones de *Eucalyptus* en Misiones y Corrientes, y conocer la curva poblacional de estos insectos en los sitios de estudio.



## Materiales y métodos

### Área de estudio

**Provincia de Corrientes:** En esta provincia se instalaron parcelas de muestreo en tres localidades de los Departamentos Ituzaingó, Santo Tomé y Gral. Alvear (**Figura 1**):

**Sitio 1:** Departamento Ituzaingó, localidad de Puerto Valle (Empresa Pomera S.A.), las parcelas se instalaron en tres plantaciones de *E. grandis* de entre 7 y 9 años, denominadas P1, P2 y P3. El período de seguimiento fue entre noviembre de 2010 y junio de 2011.

**Sitio 2:** Departamento Santo Tomé, los relevamientos se realizaron en tres plantaciones de *Eucalyptus sp.* (A101, A102 y DS) cercanos a los predios de la Universidad del Salvador (Gobernador Virasoro). Los seguimientos se realizaron entre noviembre de 2010 y marzo de 2012.

**Sitio 3:** Departamento General Alvear, localidad de Gral. Alvear. Se instalaron parcelas en cinco forestaciones. En el primer período de seguimiento se monitorearon en tres plantaciones y en el segundo año, dos de estas plantaciones fueron cambiadas por razones operativas. Los sitios, especies y edad de los rodales en que se realizaron los monitoreos fueron los siguientes:

Cañada de Santa Ana: *E. grandis* - año de plantación 1999. En este sitio se realizó el seguimiento de desde noviembre de 2010 hasta noviembre de 2011. El Pilar: *E. grandis* - año de plantación 2007. Las Tunas: *E. tereticornis* / *E. rostrata* edad estimada 35 años. Colombo: *E. grandis* - año de plantación 2008. Escuela Agrotécnica: *E. tereticornis* / *rostrata*. Edad: 50 años. En las plantaciones localizadas en El Pilar y las Tunas el seguimiento se realizó entre noviembre de 2010 y junio de 2011, en Colombo y Esc. Agrotécnica se realizó entre junio y noviembre de 2011.



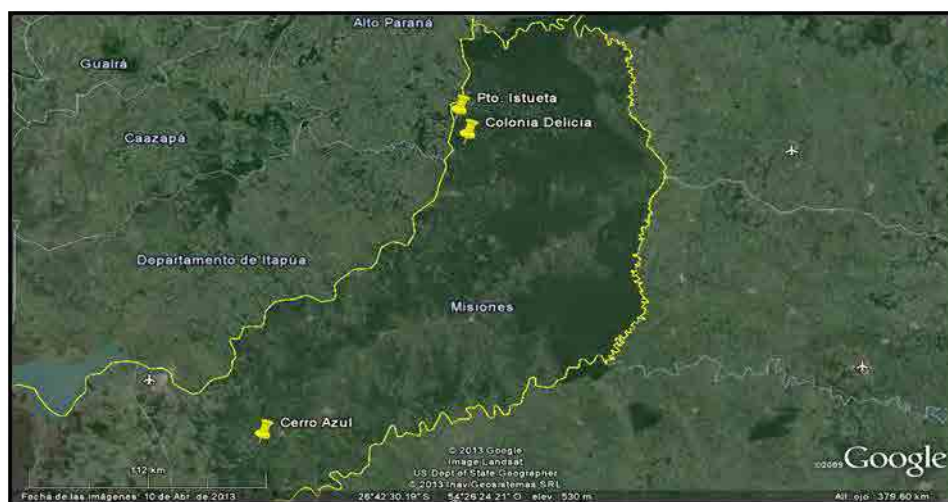
**Figura 1: Localización geográfica de los sitios de muestreo en la provincia de Corrientes.**  
**Figure 1. Geographical location of survey sites in the province of Corrientes.**

**Provincia de Misiones:** Los muestreos se realizaron en tres plantaciones de *Eucalyptus* (Figura2):

**Sitio 1:** Plantación de *E. grandis*, ubicada en Colonia Delicia, Departamento de Eldorado, Empresa Selva S.A. El período de seguimiento fue entre noviembre de 2010 hasta marzo de 2012.

**Sitio 2:** Plantación de *E. grandis* y *E. urophylla*, localizada en Paraje Istueta Municipio de Puerto Esperanza, Departamento de Iguazú, Empresa Alto Paraná S.A. El período de seguimiento fue entre noviembre de 2010 y marzo de 2012.

**Sitio 3:** Plantación de *E. grandis*, localizada en la EEA Cerro Azul del INTA, Municipio Cerro Azul, Departamento L.N. Alem. El período de seguimiento fue entre noviembre de 2010 y noviembre de 2011.



**Figure 2: Localización geográfica de los sitios de muestreo en la provincia de Misiones.**  
**Figure 2. Geographical location of sampling sites in the province of Misiones.**

### Parcelas de monitoreo

Para el monitoreo de las poblaciones de *T. peregrinus* se instalaron trampas cromáticas. Estas trampas consisten en tarjetas plásticas amarillas con adhesivo en ambas caras con un área útil de captura de 120cm<sup>2</sup> (10 x 12 cm). La altura a la que se instalaron fue de 1,80 metros (**Foto 1**). La distribución de las mismas en el terreno fue una cercana al camino y las otras dos con una equidistancia entre ellas de aproximadamente 50 metros, formando un triángulo. El recambio de las mismas se realizó cada 15 días. El uso de las trampas amarillas es usada como metodología habitual de monitoreo de las poblaciones de *T. peregrinus* en Argentina, Uruguay y Brasil (Wilcken et al., 2008; Martinez et al., 2009; Bouvet et al, 2009).



Foto1. Trampa adhesiva amarilla en plantacion de *Eucalyptus*.  
Photo1. Yellow sticky trap in *Eucalyptus* plantation.

Una vez recolectadas las trampas, las mismas se llevaron al laboratorio de la Cátedra de Protección Forestal (FCF- UnaM), donde se realizó la identificación de los individuos de *T. peregrinus* presentes y el conteo de los mismos bajo lupa estereoscópica.

En el análisis de los datos para hacerlos comparables en caso de distinta cantidad de días en el campo, o pérdida de alguna trampa, se utilizó el índice ITD (insecto/trampa/día), según la metodología usada por De Coll *et al.* (2003). Se elaboraron planillas para el registro de los datos y estos fueron volcados en planilla de cálculo Excel, donde se calcularon los índices ITD y se elaboraron gráficos con la frecuencia de insectos en las fechas de observación.

## Resultados

### Provincia de corrientes:

#### Sitio 1. Departamento Ituzaingó.

En las parcelas de monitoreo localizadas en Puerto Valle se determinó que la mayor capturas de *T. peregrinus* en ese período se presenta en el verano entre los meses de enero y febrero (Gráfico 1).

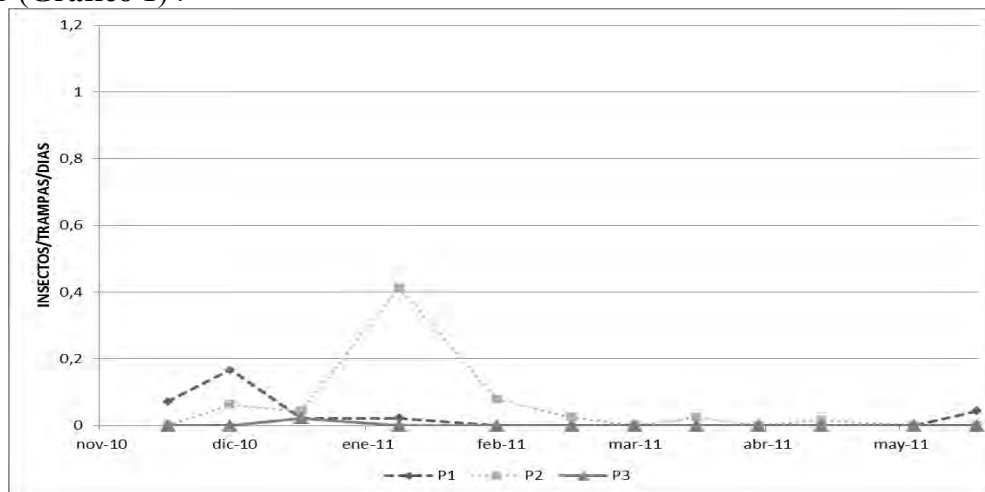


Gráfico1. Fluctuación poblacional de *T. peregrinus* en tres plantaciones eucaliptos en Ituzaingó, Corrientes.

Graphic 1. Population fluctuation of *T. peregrinus* in three eucalyptus plantations in Ituzaingó, Corrientes.

### Sitio 2. Departamento Santo Tomé.

En los relevamientos realizados en Gobernador Virasoro, no se detectó presencia de *T. peregrinus* durante el primer año de seguimiento. En el segundo año se determinó un pico poblacional en las tres plantaciones bajo seguimiento durante el mes de febrero de 2012 (Gráfico 2).

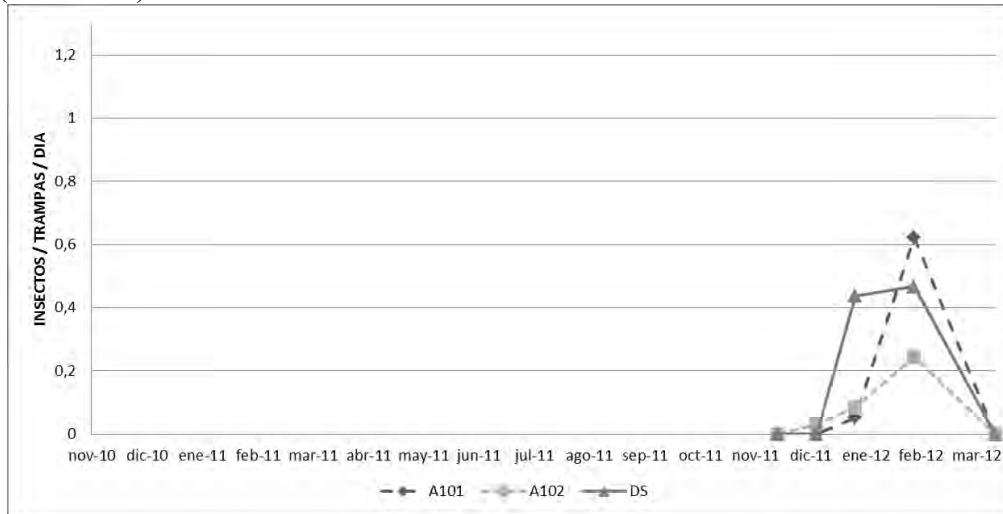


Gráfico 2. Fluctuación poblacional de *T. peregrinus* en tres plantaciones de eucaliptos en G. Virasoro, Corrientes.

Graphic 2. Population fluctuation of *T. peregrinus* in three eucalyptus plantations in G. Virasoro, Corrientes.

### Sitio 3. Departamento General Alvear

En este sitio, se presenta un primer pico poblacional en el mes de enero en las plantaciones localizadas en Santa Ana y Las Tunas. A partir del mes de junio cuando se incorporan otros sitios de muestreo se observa una mayor captura de insectos en las trampas localizadas en la Escuela Agrotécnica (*E.terecticornis* y *E. rostrata*), alcanzado el pico poblacional a principios del mes de agosto (Gráfico 3). Las trampas instaladas en Colombo no presentaron capturas del insecto.

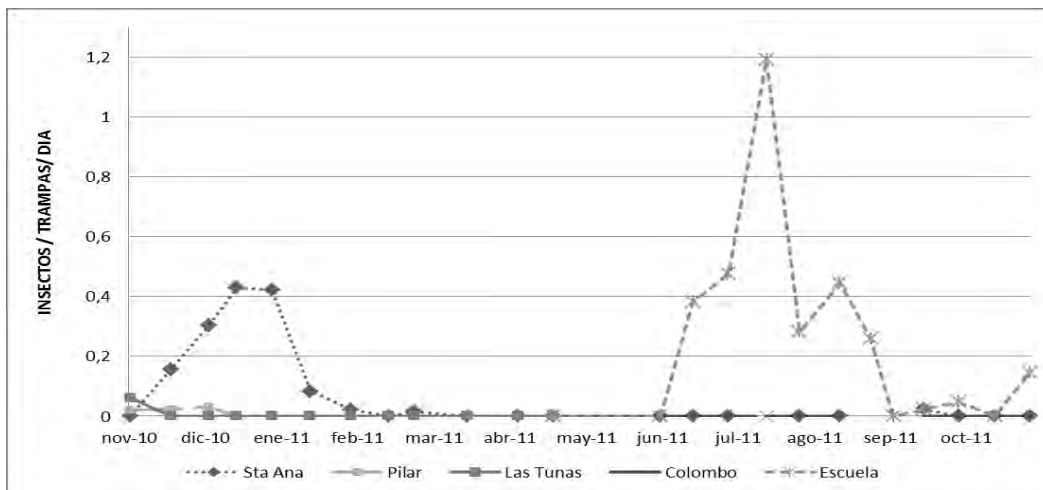


Gráfico 3. Fluctuación poblacional de *T. peregrinus* en cinco plantaciones de seguimiento en G. Alvear, Corrientes.

Graphic 3. Population fluctuation of *T. peregrinus* in five eucalyptus plantations in G. Alvear, Corrientes.

### **Provincia de Misiones:**

No se observaron capturas de insectos adultos o ninfas de *T. peregrinus* en ninguna de las trampas de las parcelas de los tres sitios de estudio para ninguna fecha de observación donde se realizaron los seguimientos con trampas amarillas: Pto. Esperanza, Colonia Delicia y Cerro Azul.

### **Discusiones**

Si bien se realizaron detecciones puntuales de individuos de *T. peregrinus* en cortinas de *Eucalyptus* de edad avanzada en Misiones, no se realizaron capturas del insecto en las trampas de las plantaciones bajo estudio. Esto puede deberse a que las trampas amarillas cromáticas a 1,80 metros subestima la abundancia de individuos en un sitio en particular. De acuerdo a lo sugerido por Martínez *et al.* (2009) la detección de *T. peregrinus* por medio de este tipo de trampas a esa altura puede fallar en niveles de abundancia muy bajas, como sería el caso de las plantaciones bajo seguimiento en Misiones. Sin embargo en sitios con abundancia más altas como en el caso de Corrientes, los mismos autores sugieren que la conveniencia logística de colocar la trampa a esa altura justifica el uso de esta metodología.

De las diez poblaciones con presencia de *T. peregrinus* en Corrientes, nueve presentaron picos poblacionales entre los meses de diciembre y enero, en forma coincidente con los antecedentes mencionados para otras regiones del país. Los altos niveles poblacionales observados durante el mes de julio de 2011 en una de las parcelas de la localidad de Alvear podría relacionarse a cuestiones climáticas ya que la temperatura media durante el período de mayor abundancia del insecto fue de 16°C, que es superior a la media del mes de julio (12,5 °C), y en coincidencia con escasas precipitaciones, también por debajo de la media mensual. La alta abundancia de insectos en esta plantación también podría relacionarse con una alta afinidad del insecto con *E. tereticornis*, siendo de esperar que en el verano siguiente los picos poblacionales superasen los observados en agosto. Por cuestiones operativas los muestreos no pudieron extenderse más en el tiempo.

### **Conclusiones**

Se detectó la presencia de *T. peregrinus* en todos los sitios relevados de la provincia de Corrientes.

Los picos poblacionales del insecto se presentan durante los meses más cálidos y secos, principalmente durante enero y febrero.

El uso de trampas cromáticas amarillas a 1,80 de altura no permitió la detección de *T. peregrinus* en las plantaciones de Misiones.

### **Agradecimientos**

Al Ing. Carlos Jacobo (Dir. Rec. Ftals. Ctes.) por coordinar la red de parcelas instaladas en Corrientes, a docentes y alumnos de la Escuela Agrotécnica J.M. Malfussi (Gral. Alvear) y Universidad del Salvador (Gdor. Virasoro), a Guillermo Salvatierra (Pomera S.A.), Lucía Romero y Silverio Giménez (INTA EEA Cerro Azul), que realizaron los recambios y envíos de las trampas. A las Empresas Pomera S.A., Selva S.A. y Alto Paraná S.A. que permitieron la instalación de las parcelas en sus forestaciones.

## Bibliografía

- Andorno A. V., Cuello E. M., Hernández C. M., Dell'Arciprete V. y Botto E. N. 2009. Resultados preliminares sobre estudios bioecológicos de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) en Buenos Aires. Actas de Resúmenes IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano.
- Benítez Díaz, E.; Sosa Coronel, R.; Godziewski, D. 2013. Consideraciones sobre dos nuevas plagas del eucalipto en Paraguay, el psílido de la concha o escudo *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psyllidae) y la chinche marrón *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Parag. Vol. 17, n° 1 : 72-75.
- Bouvet, J. P. y Vaccaro, N. 2008. Nueva especie de chinche, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) en plantaciones de eucalipto en el departamento Concordia, Entre Ríos, Argentina. En: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Argentina.
- Bouvet, J. P.; Harrand, L.; Rodríguez, M. 2009. Fluctuación poblacional de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) en plantaciones de eucalipto del Nordeste de Entre Ríos, Argentina. Acta Resúmenes
- Button, G. 2007. *Thaumastocoris peregrinus*. En: Forest Facts. Disponible en: <http://www.ncfforest.com/upload/Publications/NV%202007%20April.pdf>. Acceso: marzo de 2013.
- Carpintero, D. L. and Dellapé, P. M. 2006. A new species of *Thaumastocoris* Kirkaldy from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). *Zootaxa*, 1228: 61-68.
- Chilima, C. Z. 2007. New Eucalyptus pest recorded from Zimbabwe. En: Forest Invasive Species Network for Africa (FAO). Disponible em: <http://www.fao.org/forestry/fisna/26061/>
- De Coll, O.; Loiacono, M.; Eskiviski, E.; Faraldo, G. 2003. Diversidad de insectos con especial referencia a Microhimenopteros en bosques de pino, araucaría y monte nativo, en Puerto Esperanza, Misiones. Actas X Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF – INTA EEA Montecarlo. 5 pp.
- Ide, S. Ruiz, C.; Sandoval, A.; Valenzuela, J. 2011. Detección de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) asociado a *Eucalyptus spp.* en Chile. *BOSQUE* 32(3): 309-313.
- Jacob, D. H. and Naser, S. 2005. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to Eucalyptustree. *South African Journal of Science* 101: 233-236.
- Lin, N.; Huber, J.; La Salle, J. 2007. The Australian genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Zootaxa*, N. 1596 111 p.
- Martínez, G., Núñez, P., González, W., Rodríguez, F.; Gómez, M. 2009. Distribución vertical de la chinche del eucalipto *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae): Resultados preliminares. Jornada de Protección fital. Serie técnica 567 INIA Uruguay. 29 – 35 pp.
- Noack, A. and Coviella, C. E. 2006. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Hemiptera: Thaumastocoridae): first record of this invasive species in the Americas. *General and Applied Entomology* 35: 13-14.
- Wilcken, C.F. 2008. Percevejo bronzado do eucalipto (*Thaumastocoris peregrinus*) (Hemiptera: Thaumastocoridae): Ameaça às florestas de eucalipto brasileiras. Alerta sanitária. Alerta Profet. Botucatu, SP: IPEF. <http://www.ipef.br/protacao/alerta-percevejo.pdf>.
- Wilcken, C.; de Sa, L.; Berti Filho, E.; Ferreira Filho, P.; Oliveira, N.; Dal Pogeto, N.; Soliman, E. 2008. Plagas exóticas de importancia económica en Brasil. CD Actas 23 Jornadas Ftale. de Entre Ríos. 5 pp.

**COMPORTAMIENTO INICIAL DE CINCO ESPECIES NATIVAS EN SISTEMAS DE PLANTACIÓN BAJO CUBIERTA DE BOSQUE DEGRADADO EN LA PROVINCIA DE MISIONES**

**INITIAL BEHAVIOR OF FIVE NATIVE SPECIES IN PLANTATION SYSTEMS UNDER COVERAGE OF A DEGRADED FOREST IN THE PROVINCE OF MISIONES**

Vera, Norma E.<sup>1</sup>; López Cristóbal, L.<sup>1</sup>; Reyes, L.M.I.<sup>2</sup>; Costas, R.<sup>1</sup>; Perié, J.<sup>1</sup>; Fara, N.<sup>1</sup>

1: Docentes Investigadores Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. E mail: nvera@facfor.unam.edu.ar

2: Becaria proyecto de investigación. E- mail: lidiareyes\_forestal@hotmail.com

**Resumen**

Se presentan los resultados del comportamiento de cinco especies nativas de valor comercial, a los 22 meses de edad en un sistema de plantación bajo cobertura de bosques nativos degradados. El ensayo comprende cuatro sitios; fue iniciado en el año 2010 integrando una red más amplia, en el marco del convenio Facultad de Ciencias Forestales-Biofábrica de Misiones. Se evalúan *Cedrela fissili* (Cedro), *Cordia trichotoma* (Loro negro), *Peltohorum dubium* (Cañafistula), *Parapiptadenia rigida* (Anchico colorado) y *Enterolobium contortisiliquum* (Timbó). Las mayores supervivencias a la edad de evaluación fueron para Cedro y Anchico colorado. El análisis de variancia para especie y sitio, indicó heterogeneidad estadística en el desarrollo del Diámetro a la altura del cuello y la altura total a un nivel de significancia de 5%. El contraste de medias señaló mejor crecimiento en DAC para Cedro y Timbo y mejor crecimiento en altura total para Timbó, en todos los sitios.

**Palabras clave:** Plantación bajo cobertura, bosques degradados.

**Summary**

The results of the behaviour of five native species with commercial value of 22 months of age in a plantation system under coverage of a degraded native forest are presented here. The trial was carried out in four sites; it was begun in the year 2010 integrating a wider network, under the agreement of the Faculty of Forestry Sciences and the Biofactory of Misiones. *Cedrela fissili* (Cedro), *Cordia trichotoma* (Loro negro), *Peltohorum dubium* (Cañafistula), *Parapiptadenia rigida* (Anchico colorado) y *Enterolobium contortisiliquum* (Timbó) are evaluated here. The mayor survival rates at this age of evaluation were for Cedro and Anchico colorado. The variance analysis for each species and site indicated statistic heterogeneity in the development of the root collar diameter and the total height to a significant level of 5 %. The contrast of means showed a better growth in root collar diameter for Cedro and Timbo and a better growth in total height for Timbo in all the sites.

**Key words:** Plantation under coverage; degraded forests.

## Introducción

A causa de la preocupación acerca de la destrucción de los bosques en el mundo, en particular en el Trópico y Subtrópico, han aumentado las iniciativas para revertir estas tendencias. La degradación tiene como resultado el aumento de superficie tanto de bosques primarios degradados como de bosques secundarios. Los primeros son causados por el uso insostenible de los bosques primarios, aún de los manejados, debido a la sobre explotación de madera y/o extracción descontrolada de otros productos forestales. Los bosques secundarios son generalmente parte integral de los sistemas de agrícolas de subsistencia. En uno u otro ecosistema, la degradación generalmente está relacionada a actividades humanas, aunque también existen naturales, exacerbadas por la pobreza y las presiones demográficas y en otros casos por la codicia. (OIMT, 2002).

Cualquiera sean los factores causantes, la realidad es que los bosques secundarios y degradados son parte integral del paisaje en las áreas tropicales y subtropicales, superando en la mayoría de los casos la superficie actual de bosque primario. La formación y la dinámica de estos ecosistemas están influenciados no solo por factores de sitio, sino también por una serie de fuerzas sociales y biológicas interrelacionadas a escala del paisaje (OIMT, 2002).

La selva misionera no ha escapado de la presión, debido a la modalidad extractivista aplicada para aprovechamiento de las principales maderas de alto valor, seleccionando los mejores individuos, de unas pocas especies de interés, a través de ciclos de corta que no garantizan la recuperación de la productividad del bosque. Dicho proceso ha generado que muchos remanentes de selva se encuentren degradados en riqueza, diversidad composición y estructura originales y tengan una baja productividad actual y serias amenazas de ser convertidos a otros usos. Según el Inventario Nacional de Bosques Nativos (1998-2001) en la Provincia de Misiones, de la superficie total de estos ecosistemas (1.900.827 ha), más del 50 % se presenta como fragmentos de bosques de pequeña extensión o con escasa cobertura arbórea (menor al 40 %). La misma fuente cita además que, de la superficie de bosque continuo (aproximadamente 980.000 ha) solamente el 16% (incluyendo el Parque Nacional Iguazú) presenta una cobertura cerrada; la restante superficie corresponde a bosques de cobertura variable y abierta. Estas cifras, nos muestran el estado actual de los bosques misioneros y plantean una prioridad indiscutible que no solo hace referencia a cuánto conservar sino en qué estado y por sobre todas las cosas cómo recuperar los bosques y las tierras forestales que han perdido productividad, sin perder superficie forestal. Una alternativa para recuperar bosques nativos y superficie forestal es la de generar opciones al monocultivo de pino y a la vez proporcionar a productores pequeños y medianos la información sobre sistemas productivos que sean económica y ecológica apropiados para ser desarrollados en dichas situaciones. Es necesario ofrecer, tanto al estado como a particulares, información sobre el desarrollo de especies nativas en sistemas de plantación bajo dosel protector de este tipo de ecosistemas degradados.

Los métodos de enriquecimiento de áreas degradadas han sido ampliamente estudiados en diversas partes del mundo con similares situaciones que las que ofrece la provincia, donde se han ensayado especies nativas y exóticas a bajas densidades, pero con manejos que no incluyen altas densidades de plantación (Montagnini, 1992; Maiocco, 1993; Eibl, 1994; Grance, 1995; Montagnini, 1996; Eibl, 1998; Vera, 2003; Maiocco, 2011; Maiocco, 2013). A pesar de dichas experiencias, no existe aún hoy en Misiones un sistema productivo recomendable, ya sea puro o mixto, en base a experiencias técnicas exitosas que incluya la plantación de nativas y exóticas de alto valor maderable.



## Objetivo

Evaluar el desarrollo inicial de un sistema productivo alternativo para la provincia de Misiones, que combina especies nativas no convencionales, diseñado para la producción de madera de calidad, la recuperación de la cobertura arbórea y la diversidad vegetal asociada.

## Materiales y métodos

### Sitios de estudio

El proyecto fue generado en el marco de un Proyecto más amplio que es parte de un Convenio entre la Facultad de Ciencias Forestales y la Biofábrica de Misiones (BIOMISA).

Se establecieron parcelas permanentes de ensayo de plantación de nativas bajo cobertura de monte nativo en 4 predios de propiedad privada, en distintas localizaciones de la Provincia de Misiones. En la tabla 1 se resumen las características de los sitios.

**Tabla 1. Localizaciones, propietarios y características de los sitios**

**Table 1. Locations, owners and characteristics of the sites**

Localización	Propietario	Descripción
Andresito (Gral M. Belgrano)	Juan Liebreinz	Relieve plano. Suelo 9. Vegetación con cobertura baja, irregular.
Col Victoria (Eldorado)	Jorge Zallio;	Pendiente 18%. Suelo 6b. Vegetación con cobertura alta, ejemplares de grandes diámetros.
Piray (Montecarlo)	Oscar López	Pendientes leves (5%). Vegetación secundaria y degradada con elevada cobertura y diámetros finos.
San Pedro (S Pedro)	Juan Alberto S.A	Pendientes elevadas (27%)- Suelo 6b. Vegetación nativa de cobertura elevada y diámetros gruesos.

### Diseño experimental. Análisis de Variancia

En cada predio, el ensayo comprende 2 ha. El diseño experimental se corresponde con un diseño en bloques completos al azar, con el efecto de los bloques confundido con el efecto de los diferentes sitios (MONTGOMERY, 1991). En cada sitio se realizó la instalación de 1 (un) bloque de 5 parcelas, asignándose al azar una especie a cada parcela. Las especies en evaluación son *Cedrela fissili* (Cedro), *Cordia trichotoma* (Loro negro), *Peltohorum dubium* (Cañafístula), *Parapiptadenia rigida* (Anchico colorado) y *Enterolobium contortisiliquum* (Timbó). Cada parcela consta de 4000 m<sup>2</sup>, la densidad inicial de plantación dentro de cada una de ellas fue de 150 plantas por parcela, equivalente a 357 plantas por hectárea. La distancia de plantación fue de 7 m entre líneas por 4 m entre plantas, para lo que se abrieron líneas de 1,5 m de ancho.

La plantación fue realizada en mayo de 2010, con plantas en macetas de aproximadamente 21 cm de altura. Se realizaron limpiezas o macheteos de fajas en forma manual; controles de hormiga y control de fallas. A los seis, diez, dieciocho y veintidós meses se realizaron las mediciones de: Supervivencia, estado sanitario, DAC (diámetro al cuello) y HT (Altura total) para cada planta.

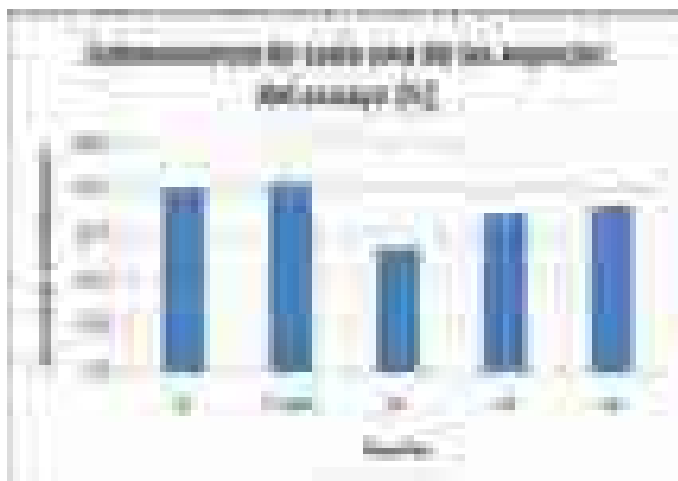
La evaluación estadística fue realizada a través del análisis de variancia de un experimento factorial de un modelo lineal de efectos fijos, evaluando simultáneamente los efectos del sitio y las especies, conformándose los tratamientos como combinaciones de ambos. Además se llevaron a cabo pruebas de comparaciones de medias utilizando la prueba de Tukey. En todos los tests se considera un nivel de significancia del 5 % para identificar diferencias estadísticamente significativas entre las medias involucradas en cada prueba.

## Resultados

Se presentan los resultados obtenidos a partir de los relevamientos biométricos realizados en distintas edades de la plantación, con un énfasis en la última realizada a los 22 meses. Se analizan la evolución de las distintas especies en términos de supervivencia, crecimiento en diámetro del cuello y altura total.

### Supervivencia y estado sanitario de las plantas

Las especies de mejor desempeño a los 22 meses fueron Cedro y Anchico Colorado; con menores supervivencias siguen el Timbó y Loro Negro. La caña fistola, tal como fue observado en mediciones anteriores es la especie con menores valores de supervivencia (**gráfico 1**).

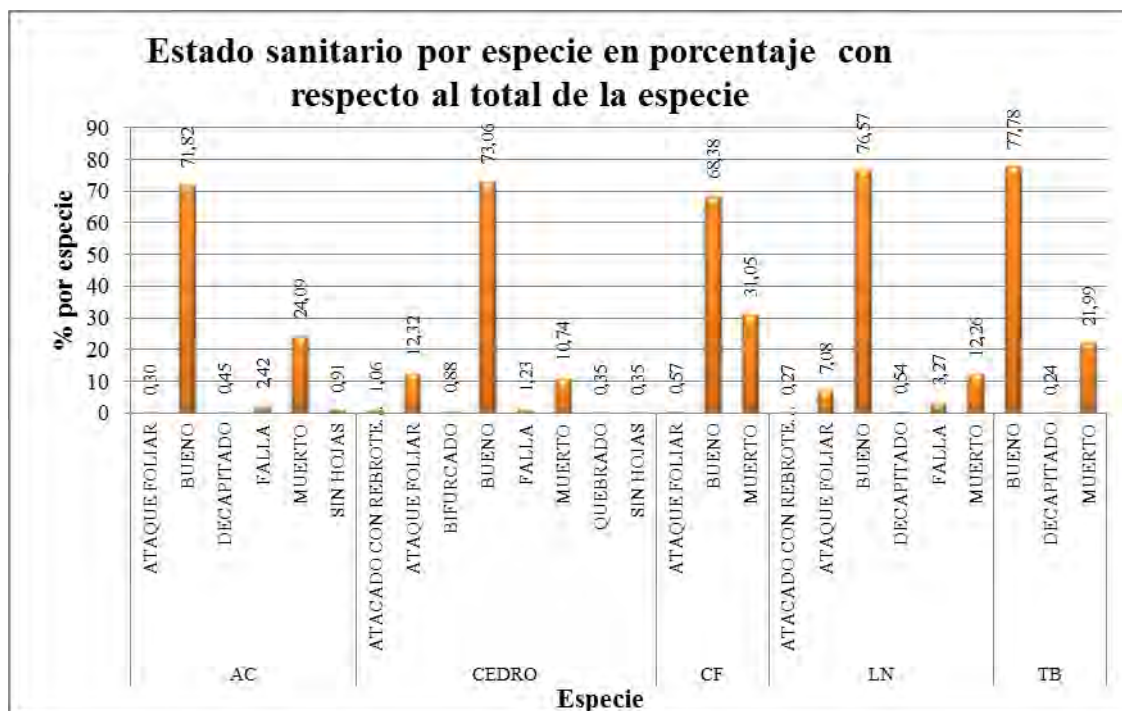


**Código de especies:** AC: anchico colorado, Cedro: cedro; LN Loro negro; CF: caña fistola, TB: timbó.

**Gráfico 1. Supervivencia de las especies a los 22 meses, para todos los sitios.**

**Graph 1. Survival of the species at 22 months of age, for all the sites**

Con relación al estado sanitario, las cinco especies estudiadas poseen una elevada proporción de individuos en buen estado sanitario (entre 68 y 77 %). La proporción de individuos muertos es importante, sobre todo en el caso de Anchico, Caña fistola y Timbo, especies en las que supera el 20%. Cedro y Loro Negro, son las especies con mayores porcentajes de individuos con ataque foliar (12,32 y 7,08 % respectivamente) (**gráfico 2**).



**Grafico 2. Estado fitosanitario por especie**  
**Graph 2. Fitosanitary state for each species.**

### Evolución en DAC y altura total

En la tabla 2, se presentan los valores de incrementos promedios, máximos y mínimos del DAC y la altura total para las distintas especies a los 22 meses. Las especies con los mayores incrementos en DAC fueron el Cedro y el Timbó, seguido de la Caña fistola con menores crecimientos en la variable mencionada. El Timbó es la especie de mayores crecimientos medios en altura total, seguidos de Caña fistola y Cedro, siguiendo las especies restantes con crecimientos similares.

**Tabla 2. Incrementos promedios, máximos y mínimos en DAC y Altura total por especie, todos los sitios, a los 22 meses.**

**Table 2. Means increments; maximum and minimum in root collar diameter and in total height for each specie, in all sites at 22 months of age.**

ESPECIE	ALTURA TOTAL (m)			DAC (mm)		
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo
AC	0,66	0,04	3,05	4,98	1	17
CEDRO	0,79	0,12	2,98	14,96	3	51
CF	1,01	0,15	3,5	8,39	1	37
LN	0,56	0,02	9	6,83	2	18
TB	1,46	0,15	3,6	14,30	1,5	65

El análisis de variancia del experimento factorial, donde los factores son la especie y los sitios, indica que existe heterogeneidad estadística en cuanto al desarrollo del DAC para ambos factores y para su interacción a un nivel de significancia de 5% (**tabla 3**).

**Tabla 3. Tabla de Análisis de Variancia de la variable DAC para los factores Sitio, Especie e Interacción.**

**Table 3. Table of analysis of variance of the root collar diameter variable for the factors: Site; Species and Interaction.**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p- valor
Sitio	5721,7	2	2860,8	64,466	0,000000
Especie	26425,8	3	8808,6	198,495	0,000000
Sitio*Especie	3725,2	6	620,9	13,991	0,000000
Error	57113,3	1287	44,4		

En el test de Tukey, los resultados del contraste de medias señalan que los mejores resultados en crecimiento de DAC se dieron para las especies Cedro y Timbo en todos los sitios; las especies con los menores crecimientos en DAC fueron para la Caña fistola y el Anchico (**tabla 4**).

Respecto del desarrollo en altura total el test de contraste de medias indica que existen marcadas diferencias entre el Timbo y las demás especies en todos los sitios. Los menores crecimientos en altura se dan para el sitio López para la mayoría de las especies. Los demás sitios presentan crecimientos similares para las distintas (**tabla 6**).

**Tabla 4. Contraste de medias para DAC (mm) de las distintas combinaciones de sitio y especie Test de Tukey.**

**Table 4. Means Contrast for root collar diameter of the different combinations of site and species. Tukey's Test.**

Sitio	Especie	DAC (cm)	1	2	3	4	Grupos
Lopez	CF	3,66667	****				1
Lopez	AC	3,87500	****				1
Zallio	AC	4,98450	****				1
Liebreznz	AC	6,20769	****				1
Liebreznz	CF	7,06061	****	****			1-2
Zallio	CF	9,72039		****			2
Lopez	TB	9,78889		****			2
Lopez	CEDRO	10,61818		****			2
Liebreznz	CEDRO	15,53503			****		3
Zallio	TB	15,85522			****		3
Liebreznz	TB	16,17143			****		3
Zallio	CEDRO	21,86489				****	4

Nota: Analizando la variable altura total a través del ANOVA se identifican diferencias estadísticas significativas para un nivel de significancia de 5% (tabla 5), tanto para el sitio, la especie y la interacción.

**Tabla 5. Tabla de Análisis de Variancia de la variable altura total para los factores Sitio, Especie e Interacción.**

**Table 5. Table of analysis of variance of the total height variable for the factors: Site; Species and Interaction**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p- valor
Sitio	57,5888	2	28,7944	98,937	0,000000
Especie	106,5883	3	35,5294	122,078	0,000000
Sitio*Especie	22,9004	6	3,8167	13,114	0,000000
Error	374,5662	1287	0,2910		

**Tabla 6. Contraste de medias de las distintas combinaciones de sitio y especie para la variable Altura total, a los 22 meses. Test de Tukey**  
**Table 6. Means Contrast for the different combinations of site and species for the total height variable. Tukey's Test.**

Sitio	Especie	HT (m)	1	2	3	4	5	6	Grupos
Lopez	CF	0,311250	****						1
Lopez	CEDRO	0,438234	****						1
Lopez	AC	0,481587	****						1
Liebrenz	CF	0,678333	****	****					1-2
Zallio	AC	0,728519		****					2
Liebrenz	CEDRO	0,807357		****	****				2-3
Liebrenz	AC	0,924538		****	****	****			2-3-4
Lopez	TB	1,038744			****	****			3-4
Zallio	CEDRO	1,084000				****	****		4-5
Zallio	CF	1,285914					****		5
Liebrenz	TB	1,598381						****	6
Zallio	TB	1,627873						****	6

### Conclusiones

Hasta la edad de evaluación, los resultados de supervivencia y estado sanitario indican que las especies presentan una buena adaptación al sistema de plantación utilizado, considerando la mayor densidad utilizada en relación a las empleadas en los sistemas de enriquecimiento en fajas tradicionales. Se destacan por su desempeño Cedro y Anchico colorado, aunque la primera especie es de todas las ensayadas, la que presenta la mayor incidencia de ataque foliar.

Las tendencias observadas en el crecimiento de las especies, indican que los mejores desempeños fueron para Timbó en altura total y DAC y Cedro en DAC.

Hasta la edad evaluada, no se observan los efectos de la competencia entre las plantas, factor que se deberá continuar evaluando para ajustar la conducción silvícola del sistema de producción bajo estudio.

### Agradecimientos

A la Profesora Silvia Martínez por la traducción al inglés. A la Biofábrica de Misiones por el financiamiento y a los propietarios por el compromiso.

## Bibliografía

- Eibl, B.; Grance, L. A.; Maiocco, D. C.; Szczipanski, L. 1994. "Técnicas de enriquecimiento y conducción de la regeneración natural en áreas de bosque nativo degradado, Provincia de Misiones, República Argentina". Actas del I Simposio Sul-Americano e II Simposio Nacional en Recuperación de Áreas Degradadas. Foz do Iguazú - Paraná - Brasil. 6 al 10 de noviembre de 1994 p.419-428.
- Eibl, B.; Montagnini, F.; Grance, L.; Maiocco, D. C.; Nozzi, D. 1998. Técnicas de enriquecimiento de bosques degradados en la selva subtropical paranaense de Misiones, Argentina. VI Jornadas Técnicas: "Ecología de especies nativas de la selva subtropical misionera". Eldorado, Misiones.
- Grance, L. A. y Maiocco, D. C. 1995. "Enriquecimiento del bosque nativo con *Bastardiopsis densiflora* (Hook et Arn) Hassl, cortas de mejora y estímulo de la regeneración natural en Guaraní - Mnes. - R.A.". Revista YVYRARE-TA 6 Año 1995. p 29 - 44.
- La Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable de la Nación, 2007. Primer inventario Nacional de Bosques nativos (1998, 2001). Primera edición, 92 págs.
- Maiocco, D. C.; Grance, L. A. y Robledo, F. 1993 "Implantación bajo cubierta con especies forestales nativas en el Área Experimental Guaraní". Actas VII Jornadas Técnicas, Ecosistemas Forestales Nativos, Uso Manejo y Conservación, Actas I, I.S.I.F. - Facultad de Ciencias Forestales - UNaM.
- Maiocco, D.C.; Stehr, A. M.; Dummel, C.; Pérez, O. 2010. "Desarrollo experimental de enriquecimiento y restauración en áreas degradadas del Bosque Atlántico del Alto Paraná – BAAP – con pequeños productores: primeros resultados". Publicado en las actas de las XIV Jornadas técnicas Forestales y Ambientales 10-12 de junio de 2010. Eldorado, Misiones. ISSN 1668 – 5385
- Maiocco, D.C.; Stehr, A. M.; Dummel, C. 2011. "Desarrollo experimental de enriquecimiento y restauración en áreas degradadas del bosque atlántico del Alto Paraná – BAAP – con pequeños productores: resultados a tres años de su implementación". Publicado en las actas de las XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos. 20 de octubre de 2011. Concordia. Entre Ríos. Argentina.
- Montagnini, F.; Grance, L. Eibl, B.; Maiocco D.C.; 1992. Enriquecimiento con especies forestales nativas en Guaraní, Misiones. Segunda Jornada de trabajo sobre ecología de especies nativas de la selva subtropical misionera. Eldorado, Misiones, Argentina.
- Montagnini, F.; Eibl, B.; Grance, L.; Maiocco, D. y Nozzi, D. 1996. "Enrichement planting in degraded subtropical forest of the Paranaense region of Misiones, Argentina". Symposium on Accelerating Native Forest Regeneration on Degraded Tropical Lands. 11 - 14 June 1996 IUFRO. World Bank. Washington, D.C.; USA.
- OIMT – 2002. Serie de políticas forestales N° 13. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. Organización Internacional de las Maderas Tropicales en colaboración con el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza Internacional (WWF).
- Vera, Gauto, 2003. Enriquecimiento y conducción de la regeneración Natural en bosques primarios y Secundarios Degradados. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM, Proyecto Forestal de Desarrollo SAGPyA.

**RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ENSAYO DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN *Pinus taeda* L. INSTALADO A CAMPO**

**PRELIMINARY RESULTS OF A SUPPLEMENTAL IRRIGATION EXPERIMENT OF *Pinus taeda* L. INSTALLED ON FIELD**

**Keller, Aldo E<sup>1</sup>; Bulfe, N<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ing. Ftal. Técnico INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472, tel.: 03751-480512, Montecarlo, Misiones, Argentina. [keller.aldo@inta.gov.ar](mailto:keller.aldo@inta.gov.ar)

<sup>2</sup> Ing. Ftal. Becario posgrado INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472, tel.: 03751-480512, Montecarlo, Misiones, Argentina. [nbulfe@montecarlo.inta.gov.ar](mailto:nbulfe@montecarlo.inta.gov.ar)

**Resumen**

*Pinus taeda* L. es una de las principales especies implantadas en el Noreste de Argentina, ocupando en Misiones cerca del 80%. En un ensayo de *P. taeda* instalado en 2013 Montecarlo, utilizando material comercial de huerto semillero, se midió crecimiento en diámetro a la altura del cuello (dac), altura (ht) y potencial hídrico ( $\Psi$ ). Se aplicaron dos tratamientos: sin riego - condiciones ambientales (SR) y con riego complementario (CR). La supervivencia inicial indica que aún las plantas sin riego tuvieron buenas condiciones naturales para el prendimiento. En cuatro meses desde la plantación las tendencias mostraron que las plantas con riego tuvieron crecimientos significativamente mayores que sin riego. El potencial hídrico pre-alba fue significativamente superior en plantas con riego. La disponibilidad hídrica en suelo afectó el crecimiento al inicio de la plantación. En condiciones de campo la especie no manifestó todo su potencial de crecimiento. Es necesario continuar los estudios.

**Palabras clave:** Estrés hídrico, sequía, pino, Misiones.

**Summary**

*Pinus taeda* L. is of the main species implanted in northeastern Argentina, about 80% of the forested area in Misiones. In an experiment of loblolly pine carryout in 2013 in Montecarlo, Misiones, with commercial material of seed orchard installed on field, was measured growth in stem diameter (root collar diameter - rcd), height (ht) and maximum and minimum water potential ( $\Psi$ ). Two treatments were applied: non-irrigation, environmental conditions (SR) and supplemental irrigation (CR). Initial survival was complete, suggesting that even the non-irrigated plants had good natural conditions for establishment. During the first four months from planting trends showed that irrigated plants showed significantly higher growth than non-irrigated plants. Predawn water potential was significantly higher irrigated than non-irrigated. Soil water availability affect at growth in loblolly pine during the first months. In field conditions the specie not manifests all growth potential. More studies are need.

**Key words:** water stress, drought, pine, Misiones.

## Introducción

*Pinus taeda* es una de las principales especies implantadas en el Noreste de Argentina. En la provincia de Misiones más del 80% de la superficie forestada corresponde al género *Pinus*, predominando *P. taeda* (SIFIP, 2010).

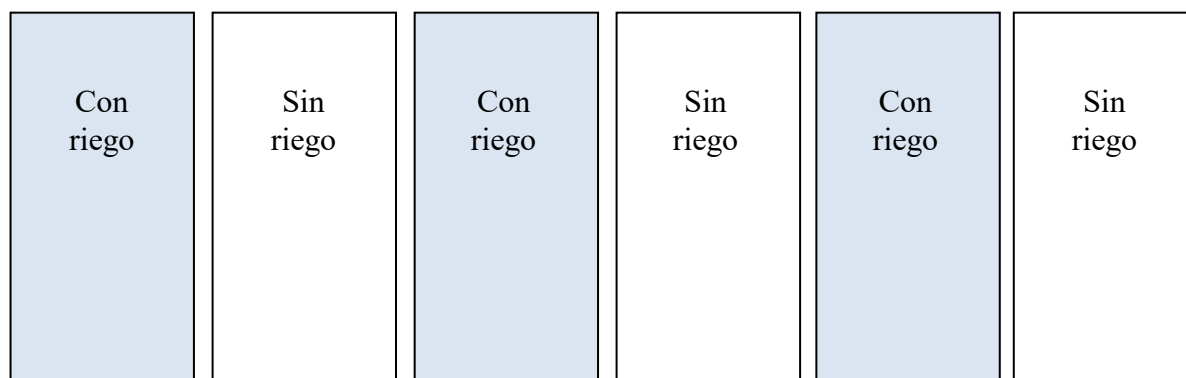
El crecimiento se ve influenciado por dos factores principales, el genético y el ambiental. En cuanto al primero, se vienen desarrollando para la especie, programas de mejoramiento genético en la región desde la década del '70 intensificándose a fines de los '90 (Rodríguez y Gauchat 2005), mientras que para el segundo factor, los modelos climáticos pronostican para Argentina y según las regiones un aumento de la temperatura y cambios en las precipitaciones con una mayor variabilidad intra e inter-anual (Labraga 1999, Bates et al. 2008). En este sentido, es posible que se vea afectada la productividad de la especie en actuales y futuras forestaciones. Knapp *et al.* (2008) menciona que aún sin cambios en la magnitud de lluvias anuales, su distribución podría crear pulsos de sequía que podrían afectar la productividad forestal. Dada la importancia de la especie en la región, se cuenta con amplia información para la misma en cuanto al manejo de las plantaciones. Por otro lado, en el área de estudio es incipiente el conocimiento de la productividad de la especie relacionado de manera más directa al estado hídrico de la planta y principalmente en condiciones de campo.

Rahman *et al.* (2003) mencionan que *P. taeda* es capaz de tolerar un estrés hídrico moderado. Por otro lado King et al. (1999) encontraron cambios en las relaciones alométricas en árboles de *P. taeda* cuando se aplicó riego. Albaugh *et al.* (2006) encontraron mayores diámetro y altura en arboles de la misma especie sometidas a riego. En la región de estudio se desconoce el máximo potencial de crecimiento para la especie en condiciones de campo; lo cual además de lo netamente productivo resultaría de interés para los modelos generales utilizados en simuladores de crecimiento. En línea con estos supuestos se instaló un ensayo de *P. taeda* a campo para evaluar el efecto de la disponibilidad hídrica en suelo sobre la productividad de la especie durante los primeros años de la plantación así como también los caracteres fisiológicos y morfológicos de la especie que explican el crecimiento diferencial en situaciones hídricas diferentes. El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento en plantas de *P. taeda* durante el período de establecimiento de la plantación bajo condiciones diferentes de disponibilidad de agua en suelo.

## Material y métodos

El ensayo fue instalado en el Campo Anexo Laharrague, en la localidad de Montecarlo, Misiones (26° 30' S, 54° 40' O), a principios del mes de Septiembre de 2013. El material genético utilizado fueron plantines de *Pinus taeda* L. (pino taeda) origen Marion - Material de HSC de INTA (comercial). En un área de 2400 m<sup>2</sup> se aplicaron dos tratamientos: sin riego (SR): bajo condiciones ambientales naturales y con riego (CR): donde se aplicó riego por goteo sobre la base de cada plantín, (suelo siempre húmedo). Cada tratamiento cuenta con tres repeticiones de 65 plantas cada una, incluyendo una bordura perimetral simple. El espaciamiento entre líneas es de 2,5m, y de 2,5 m entre plantas. Cada parcela (repeticiones) cuenta con un espaciamiento de cuatro metros entre ellas (**Figura 1**).





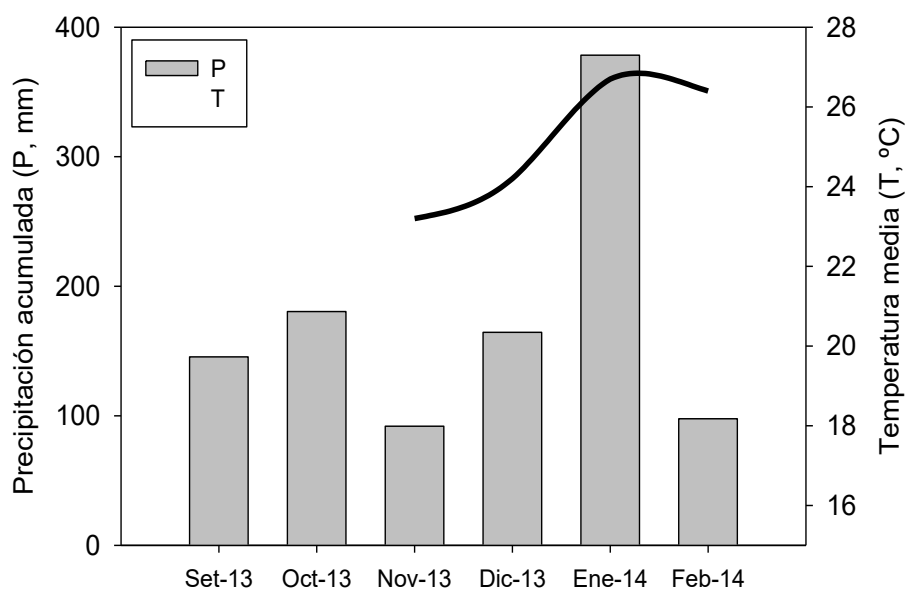
**Figura 1: Diseño del experimento**  
**Figure 1: Design of experiment**

Como tareas de mantenimiento se realizaron control de hormigas pre y post plantación y de malezas mediante carpida de tazas y herbicida. Con posterioridad se continuó con un sistema mixto de control de maleza (manual-mecánico + herbicida). La instalación del sistema de riego (por goteo) se realizó 10 días posteriores a la plantación. El mismo es operado manualmente, con una frecuencia de riego de 2 horas por día a partir del segundo día de buen tiempo posterior a la última lluvia. La primera medición del ensayo se realizó al mes de la plantación (una vez asegurado el prendimiento) para obtener el tamaño inicial de la plantas. Las variables registradas fueron diámetro a la altura del cuello (dac, mm) con calibre digital y altura total (ht, cm) del plantín con cinta métrica, además se realizan observaciones sobre la estructura de cada planta. Las mediciones fueron realizadas a intervalos de dos meses para estas variables. El análisis estadístico se realizó con el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

### Resultados y discusión

En febrero de 2014, hacia el final de un período seco, se registró el potencial hídrico foliar en pre-alba ( $\Psi_{PA}$ ) y el potencial hídrico mínimo (al momento de máxima demanda ambiental, 14 horas) ( $\Psi_{Min}$ ) en un fascículo por planta en cuatro plantas por bloque y tratamiento.

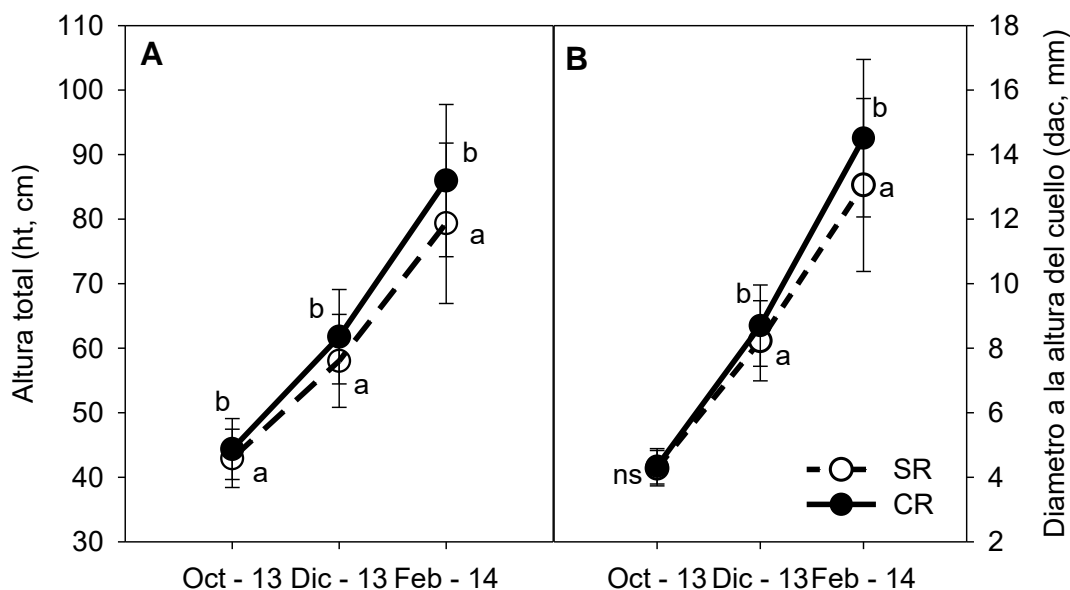
En la **figura 2** se pueden observar las condiciones ambientales naturales dadas en el área de estudio. Estas variables fueron registradas en una estación meteorológica ubicada a aproximadamente 300 metros del ensayo.



**Figura 2: Temperatura media mensual (T, °C) y precipitación acumulada mensual (P, mm) en el área de estudio, Colonia Laharrague, Montecarlo.**

**Figure 2: Monthly average temperature T, °C and Accumulated monthly precipitation (P, mm) in the study area, Colonia Laharrague, Montecarlo.**

En la **figura 3** se observan la altura total y el dac promedio durante los primeros meses de la plantación en cada tratamiento. La sobrevivencia de las plantas fue del 100%.



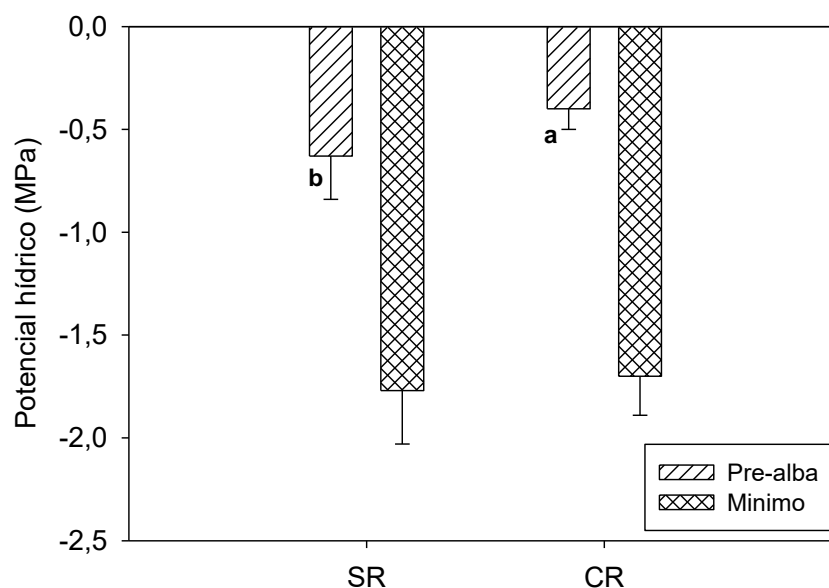
Donde: (SR) Sin riego; (CR) tratamiento de riego complementario A) Evolución de la altura total (ht, cm), B) Evolución del diámetro a la altura del cuello (dac, mm). Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en cada fecha de medición, ns= no significativo.  $\alpha=0,05$ .

**Figura 3: Evolución del crecimiento.**

**Figure 3: Growth evolution.**

Las variables altura total y dac del grupo de plantas a las cuales se le aplicó el riego fueron superiores a las plantas que permanecieron bajo condiciones de disponibilidad hídrica natural. Para el caso de la altura, esta variable fue estadísticamente significativa desde el inicio del ensayo, aunque esa diferencia se fue ampliando en el tiempo, mientras que el dac manifestó diferencias significativas a partir de la segunda medición (tres meses después de la plantación). Estos resultados coinciden con los determinados por Albaugh et al. (2006), donde el riego incrementó significativamente el diámetro a la altura del pecho y la altura total en árboles de *P. taeda* de 13 años de edad. King et al. (1999) encontraron cambios a nivel de biomasa en árboles de 8 años de edad para igual especie cuando los recursos disponibles son alterados. En este sentido mencionan cambios alométricos, determinando que los árboles bajo riego presentan mayor biomasa foliar y raíces finas, con lo cual aumenta la captación de recursos como luz y agua. Estas modificaciones a nivel de biomasa estarían modificando de manera directa la asimilación de carbono, traduciéndose en mayor crecimiento como el determinado en el presente trabajo.

El potencial hídrico en pre-alba fue superior (menos negativo) en las plantas a las cuales se le aplicó el riego, así como también el potencial hídrico mínimo (14 horas), diferenciándose estadísticamente solamente los potenciales pre-alba entre ambos tratamientos (**Figura 4**). Esta diferencia entre los tratamiento en pre-alba pone de manifiesto las condiciones hídricas diferentes a las cuales están siendo sometidas las plantas y que guarda una estrecha relación con el contenido de humedad del suelo.



Donde: en condiciones control sin riego (SR) y en el tratamiento de riego (CR). A) Potencial hídrico en pre-alba ( $\Psi_{PA}$ ), B) potencial hídrico mínimo ( $\Psi_{Min}$ ). Letras distintas indican diferencias significativas.  $\alpha=0,05$ .

**Figura 4: Potencial hídrico en plantines de *Pinus taeda* en febrero de 2014.**

**Figure 4: Water potential in *Pinus taeda* seedlings in February 2014.**

En este sentido se podría relacionar a las diferencias en el tamaño de las plantas tanto en altura total como en d.a. a la disponibilidad de agua en suelo.

### Conclusiones

La disponibilidad de agua en suelo afecta el crecimiento en *Pinus taeda* al inicio de la plantación, en la fase de establecimiento. A largo plazo, los cambios podrían estar relacionados a nivel de biomasa, con modificaciones alométricas en función a la disponibilidad de los recursos, en este caso el agua.

En condiciones de campo, bajo disponibilidad hídrica natural, la especie estudiada se encuentra por debajo de su potencial máximo de crecimiento al menos al inicio del experimento.

Sería interesante evaluar en el marco de este ensayo parámetros relacionados a la calidad de la madera.

Resulta de importancia el seguimiento de este tipo de ensayos en tiempo y espacio, a los fines de evaluar el desempeño en edades y sitios diferentes para la especie.

## Bibliografía

- Albaugh TJ, Allen HL, Fox TR. 2006. Individual tree crown and stand development in *Pinus taeda* under different fertilization and irrigation regimes. *Forest Ecology and Management* 234: 10-23
- Bates BC, Kundzewics ZW, Wu S, Plutikof JP, Eds. (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Génova, Italia: 210pp
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- King JS, Albaugh TJ, Allen HL, Kress LW. 1999. Stand-level allometry in *Pinus taeda* as affected by irrigation and fertilization. *Tree Physiology* 19: 769-778
- Knapp, A.K; Beier, C; Briske D; Classen, A.T; Luo Y; Reichstein M; Smith, M.D; Smith, S; Bell, J; Fay, P; Heisler, J; Leavitt, S; Sherr R; Smith, B. And Weng, E.. (2008). Consequences of more extreme precipitation regimes for terrestrial ecosystems. October 2008 / Vol. 58 No. 9 • *BioScience* 811.
- Labraga JC. 1999. <http://www.cenpat.edu.ar/calentamientog/homepage.htm>. CENPAT - CONICET, Argentina.
- Rahman MS, Messina MG, Newton RJ. 2003. Performance of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings and micropropagated plantlets on an east Texas site. II. Water relations. *Forest Ecology and Management* 178: 257-270
- Rodríguez G, Gauchat ME. 2005. Subprogramas de producción de material de propagación mejorado. Mejora genética. In Fernández R. Ed. *Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo*. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires, Argentina p 23-41
- SIFIP (Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial, AR). 2010. Inventario forestal provincial 2009 - 2010. Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial, Ministerio del Agro y la Producción - Gobierno de la Provincia de Misiones. Consultado 11 Marzo 2014. Disponible en <http://extension.facfor.unam.edu.ar/sifip/inventario.htm>

**PREDICCIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE MADERA PARA *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden EN EL NORTE DE MISIONES**

**PREDICTION FOR GROWTH AND WOOD PRODUCTION FOR *Eucalyptus grandis* Hill x Maiden IN THE NORTH OF MISIONES**

**Crechi, Ernesto H.<sup>1</sup>; Keller A. E.<sup>1</sup>; Fassola H. E.<sup>1</sup>; Barth S. A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Ing. Ftales. Área crecimiento y producción forestal. INTA EEA-Montecarlo. TE-FAX: 54-3751-480057/512. Email: [crechi.ernesto@inta.gob.ar](mailto:crechi.ernesto@inta.gob.ar)

Financiado por: PIA 10015: “Silvicultura y manejo de *Eucalyptus grandis* en plantaciones puras y mixtas”; PNFOR 1104074: “Desarrollo de Modelos de Crecimiento y Producción forestal, Caracterización de la Calidad de los productos forestales y Economía Forestal”; MNES 1242204: Desarrollo de los sistemas productivos del territorio denominado Paraná medio.

**Resumen**

Empleando bases de datos de parcelas permanentes, propias y de empresas de la región, se procedió al ajuste de funciones de crecimiento y producción de rodal completo, en área basal y volumen total de *Eucalyptus grandis* para la región centro-norte de Misiones. Es de destacar el buen ajuste logrado con los modelos finales, tal fueron corroborados a través de las estadísticas de ajuste y análisis de residuos. De esta manera resultaron seleccionados modelos empíricos, resultado de la combinación de diferentes variables de estado de rodal, que basados en un estado inicial permiten proyecciones seguras hacia un estado final, estimando valores de área basal (AB, m<sup>2</sup>/ha) y volumen total (V, m<sup>3</sup>/ha) futuros a partir de valores presentes.

**Palabras Clave:** modelos, área basal, volumen total, Argentina

**Summary**

Data from permanent plots were used. Growth and production equations in basal area and total volume of *Eucalyptus grandis* for the north central region of Misiones were fitted. Good fits were achieved, with the final models, such were corroborated by the fit statistics and analysis of residues. Empirical models were selected, resulting from the combination of various state variables of the stand, based on an initial state enables secure projections toward a final state, estimating values for basal area (AB, m<sup>2</sup> / ha) and total volume (V, m<sup>3</sup> / ha) future from present values.

**Key words:** model, basal area, total volume, Argentina

## Introducción

*Eucalyptus grandis*, está entre las especies latifoliadas con mayor potencial, basado principalmente en su crecimiento y en los múltiples productos que genera. Esto no es ajeno en la provincia de Misiones, ya que su implantación es creciente, contando a la fecha con más de 25000 ha forestadas (Censo Forestal 2010). La madera tiene múltiples destinos: aserrado, laminado, molienda, pasta celulósica, postes, impregnación, construcciones hortícolas, entre otros. En los últimos años se aprecia una revalorización de la madera de *Eucalyptus grandis* con mayor consumo en terminaciones, molduras y muebles.

En sitios de buena aptitud y con una silvicultura apropiada es la especie con mayor tasa de crecimiento, puede alcanzar 60 m<sup>3</sup>/ha/año de madera. En cambio, si el sitio no es el adecuado y la silvicultura no es la apropiada el crecimiento no supera los 15 m<sup>3</sup>/ha/año (Aparicio, 2004).

El crecimiento y la producción de un rodal proveniente de un material genético dado, según Crechiet *al.* (2001), están determinados por 4 factores: la edad, la capacidad productiva del sitio (calidad de sitio), el grado en el cual esa capacidad productiva innata está siendo totalmente utilizada (densidad) y los tratamientos culturales aplicados, tales como raleo, fertilización, control de malezas, poda, etc.

El rendimiento sustentable de las forestaciones requiere no solamente del conocimiento de las existencias actuales, sino también de las producciones futuras (Assmann, 1970).

La falta de disponibilidad de ajustes que permitan conocer con mayor precisión, a partir de diferentes regímenes silvícolas de implantación y conducción, los productos maderables a obtener (rollizos), impide tomar decisiones de manejo forestal sólidamente fundadas. A través de una serie de acciones concatenadas se pretende alcanzar un mayor nivel de detalle en la predicción de los crecimientos y producción de madera, a través de variables de estado de rodales, implantados bajo diferentes tratamientos silvícolas en distintas condiciones de crecimiento. De esta manera, para la definición del modelo de conducción silvícola, en función de un objetivo de producción, se requiere contar con información respecto del manejo de la densidad adecuada para optimizar los incrementos y aumentar la proporción de los productos de mayor grado de calidad.

Como antecedentes de modelos de crecimiento y producción a nivel rodal, con variables predictoras como número de árboles, edad, índice de sitio, altura dominante, entre otras variables, podemos citar a Alder(1980), Trevizol (1985), Sanquetta (1996), Prodanet *al.* (1997), Crechi *et al.*(1998); Crechi *et al.* (1999); Costas *et al.*, (2006, 2007) entre otros autores, mientras que a la fecha para nuestra zona en particular, las ecuaciones disponibles para *Eucalyptus grandis* son las ajustadas para la región Misiones y norte de Corrientes en su conjunto, por Fassola *et al.*, 2007; con base de datos mayoritariamente proveniente de parcelas permanentes instaladas en Corrientes.

A través del PIA 10015, desde el año 2010 a la fecha, se instalaron y midieron parcelas permanentes en rodales de *Eucalyptus grandis*, cubriendo diferentes densidades, sitios y edades, priorizando los Departamentos Iguazú, Montecarlo, Manuel Belgrano y Libertador Gral. San Martín, en la zona norte de la provincia de Misiones, a los efectos de robustecer una base de datos limitada al efecto.

A partir del ajuste de nuevas curvas de crecimiento y producción, específicas para la zona bajo estudio, se contará con más herramientas para apoyar las estrategias y la planificación orientada al desarrollo territorial con el recurso forestal y al productor/empresario en lo vinculado a la calidad de la producción primaria, basado en la toma de decisiones de corto, mediano y largo plazo.

El objetivo de este trabajo fue generar nuevas curvas de crecimiento y producción para la zona de estudio.

## Materiales y Métodos

### Modelos de producción actual y futura para *Eucalyptu sgrandis*

Se contó con información de 53 parcelas permanentes, con varias remediciones, representando diferentes sitios, edades, densidades y tratamientos silviculturales, correspondientes a los Departamentos Iguazú, Montecarlo, Manuel Belgrano y Libertador Gral. San Martín. La base de datos cubre un rango de edades de 1 a 27 años, considerando densidades desde 2143 a 167 plantas por hectárea y diferentes calidades de sitio. La validación de los modelos, se realizó sobre la misma base de datos.

En la **Tabla 1** observamos los valores de diferentes variables de estado de rodal, correspondientes a la base de datos disponible, sobre la cual se ajustaron los diferentes modelos de crecimiento y producción para *Eucalyptus grandis*.

**Tabla 1: Valores máximo, mínimo y promedio de variables de estado de rodal descriptores de la base de datos empleada para construir el modelo**

**Table 1: Maximum, minimum and average stand state variables**

Variable	AB	V	Dg	H	E	IS <sub>(15)</sub>	N
<b>Mínimo</b>	<b>1,77</b>	<b>6,99</b>	<b>4,6</b>	<b>5,79</b>	<b>1</b>	<b>33,93</b>	<b>167</b>
<b>Máximo</b>	<b>73,18</b>	<b>1337,22</b>	<b>65,4</b>	<b>47,19</b>	<b>27</b>	<b>50,56</b>	<b>2143</b>
<b>Promedio</b>	<b>21,60</b>	<b>294,02</b>	<b>24,1</b>	<b>25,43</b>	<b>7,9</b>	<b>41,96</b>	<b>708</b>

Donde: AB: área basal (m<sup>2</sup>/ha); V: volumen total (m<sup>3</sup>/ha); Dg: diámetro medio cuadrático (cm); H: altura dominante (m); E: edad (años); IS<sub>(15)</sub>: índice de sitio (m) a la edad índice 15 años; N: número de árboles por ha (pl/ha)

## Resultados y discusión

Se trabajó con múltiples combinaciones de variables de estado de rodal, a los efectos de lograr el mejor ajuste a los datos observados, entre ellos se trabajó con modelos genéricos, compatibles y no compatibles, resultando seleccionados los que a continuación se presentan.

Las ecuaciones finales, obtenidas a través de regresión lineal múltiple (InfoStat, 2003) resultaron:

### Modelo de producción presente en área basal (m<sup>2</sup>/ha)

$$\ln(AB1) = a_0 + a_1 * IS + a_2 * H/E1 + a_3 * \ln(N) + a_4 * H + a_5 * FE$$

$$AB1 = \text{EXP}(4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H/E1 + 0,200947 * \ln(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE)$$

Dónde:

ln = logaritmo neperiano

Exp = base del logaritmo neperiano

AB1 = área basal presente, edad actual

a0, a1, a2, a3, a4, a5 = coeficientes de regresión

H = altura dominante expresada en metros

E1 = edad actual

FE = factor de espaciamiento (FE(%) = ((10000/N)<sup>1/2</sup> / H) \* 100 )

N = número actual de árboles / ha

IS: índice de sitio

El IS fue calculado según Crechi et al., 2011, como:

$$IS = H * (((1 - \text{EXP}(-0,0793285 * 15))^{\wedge} 0,799597) / ((1 - \text{EXP}(-0,0793285 * E1))^{\wedge} 0,799597))$$



En la **Tabla 2** se observan las estadísticas de ajuste del modelo seleccionado.

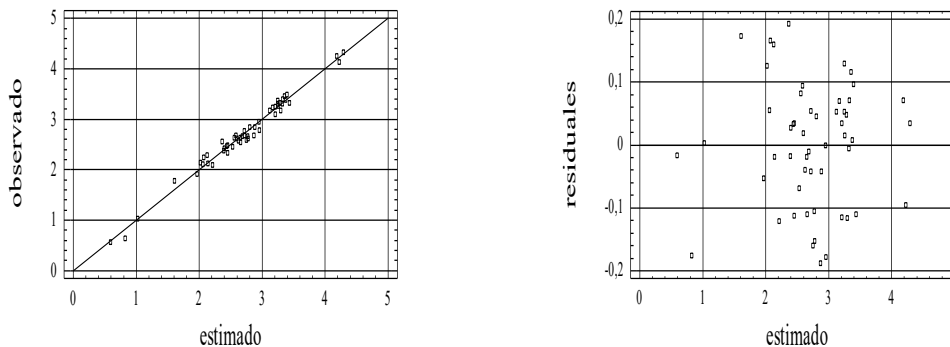
**Tabla 2. Estadísticos para el modelo seleccionado (AB1)**

**Table 2. Statistics for the selected model (AB1)**

$R^2_{aj.}$	Syx	Error relativo promedio (%)
98,09	0,101734	1,12

Syx: error estándar de la estimación; Error relativo promedio= $(\sum((\text{Valor Observado}-\text{Valor Esperado})/\text{Valor observado} * 100))/n$

En el **Gráfico 1** se observan valores estimados y observados, así como sus residuales, producto del ajuste del área basal presente (AB1, m<sup>2</sup>/ha).



**Gráfico1. Área basal presente estimado y observado y sus residuos**

**Figure 1. Estimated and observed present basal area and residual**

**Modelo de producción futura en área basal (m<sup>2</sup>/ha)**

La estimación de producción futura recibe el nombre de proyección cuando el modelo hace referencia a un año de referencia inicial, incorporando variables de la población y la edad de pronosis como variable explicativas. El modelo matemático de mejor desempeño para predicción de área basalfutura resultó ser:

$$\ln(AB2)=b1*(E1/E2)*\ln(AB1)+b2*(1-(E1/E2))$$

$$AB2=EXP(1,00774*(E1/E2)*\ln(AB1)+3,77433*(1-(E1/E2)))$$

Reemplazando AB1 por su ecuación resulta:

$$\ln(AB2)=b1*(E1/E2)*(a0+a1*IS+a2* H/E1+a3*\ln(N)+a4*H+a5*FE)+b2*(1-(E1/E2))$$

$$AB2=EXP(1,00774*(E1/E2)*(4,21152+0,130552*IS-1,12834*H/E1+0,200947*\ln(N)-0,085626*H-0,0418971*FE))+3,77433*(1-(E1/E2)))$$

Donde:

AB2 = área basal futura, es decir, referida a la edad de proyección

E2 = edad de proyección

b1, b2= coeficientes de regresión

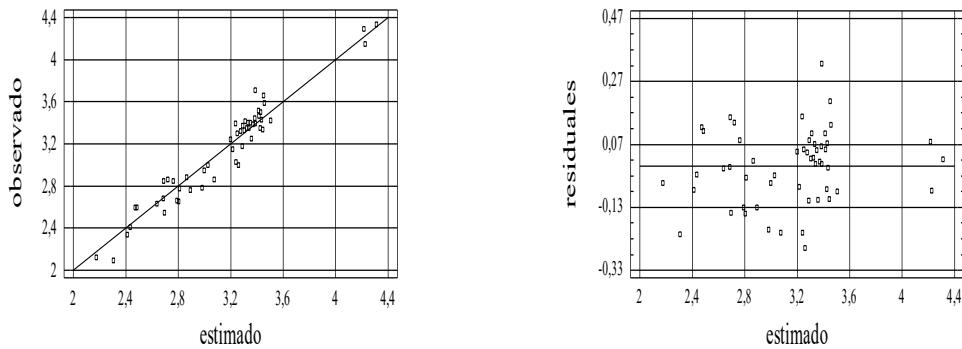
En la **Tabla 3** se observan las estadísticas de ajuste del modelo seleccionado.

**Tabla 3. Estadísticos para el modelo seleccionado (AB2)**

**Table 3. Statistics for the selected model (AB2)**

$R^2_{aj.}$	Syx	Error relativo promedio (%)
99,86	0,119249	-0,99

En el **Gráfico 2** se observan valores estimados y observados, así como sus residuales, producto del ajuste del área basal futura (AB2, m<sup>2</sup>/ha).



**Gráfico2. Área basal futuro estimado y observado y sus residuos**

**Figure 2. Estimated and observed future basal area and residual**

**Modelo de producción presente en volumen total con corteza (m<sup>3</sup>/ha)**

El modelo más adecuado para estimar volumen total presente con corteza por hectárea resultó ser:

$$\ln(V1) = c_0 + c_1 * H + c_2 * \ln(AB1)$$

$$\ln(V1) = 1,75964 + 0,0471478 * H + 0,743134 * \ln(AB1)$$

Reemplazando AB1 por su ecuación resulta:

$$V1 = \text{EXP}(1,75964 + 0,0471478 * H + 0,743134 * (4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H / E1 + 0,200947 * \ln(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE))$$

Donde:

V1=volumen total presente a la edad E1

c0,c1,c2 = coeficientes de regresión

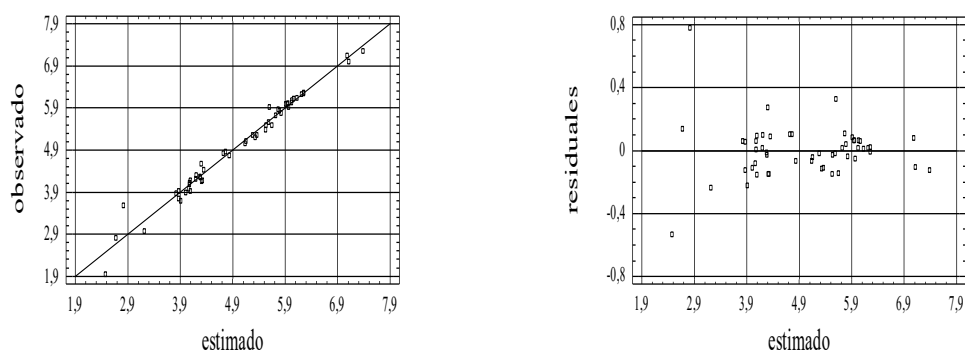
En la **Tabla 4** se observan las estadísticas de ajuste del modelo seleccionado.

**Tabla 4. Estadísticos para el modelo seleccionado (V1)**

**Table 4. Statistics for the selected model (V1)**

$R^2_{aj.}$	Syx	Error relativo promedio (%)
97,68	0,173514	-1,35

En el **Gráfico 3** se observan valores estimados y observados, así como sus residuales, producto del ajuste del volumen total presente ( $V_1$ ,  $m^3/ha$ ).



**Gráfico 3. Volumen total presente estimado y observado y sus residuos**  
**Figure 3. Estimated and observed present total volume and residual**

**Modelo de producción futura en volumen total con corteza ( $m^3/ha$ )**

El modelo de proyección de volumen futuro con corteza resultó ser:

$$\ln(V_2) = d_0 - d_1/E_2 + d_2 * (E_1/E_2) * \ln(AB_1) + d_3 * (1 - (E_1/E_2))$$

$$\ln(V_2) = (2,82175 - 2,50851/E_2 + 1,07098 * (E_1/E_2) * \ln(AB_1) + 3,69727 * (1 - (E_1/E_2)))$$

Reemplazando  $AB_1$  por su ecuación resulta:

$$V_2 = \text{EXP}(2,82175 - 2,50851/E_2 + 1,07098 * (E_1/E_2) * (4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H/E_1 + 0,200947 * \ln(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE) + 3,69727 * (1 - (E_1/E_2)))$$

Donde:

$V_2$  ( $m^3/ha$ ): volumen total por ha, proyectada a la edad  $E_2$

$d_0, d_1, d_2, d_3$  = coeficientes de regresión

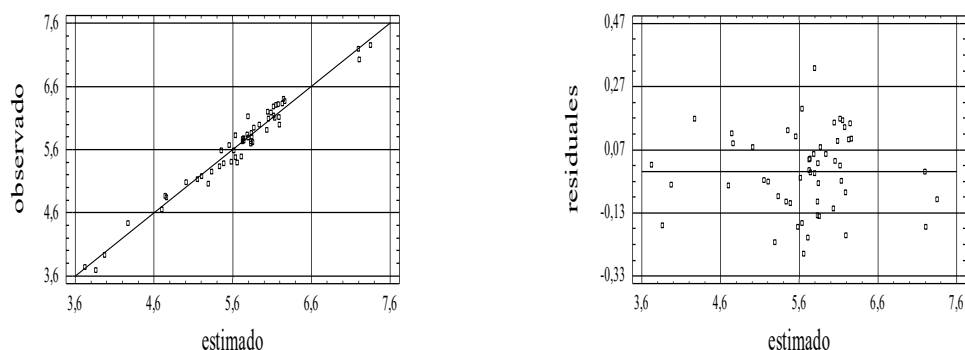
En la **Tabla 5** se observan las estadísticas de ajuste del modelo seleccionado.

**Tabla 5. Estadísticos para el modelo seleccionado ( $V_2$ )**

**Table 5. Statistics for the selected model ( $V_2$ )**

$R^2_{aj.}$	$S_{yx}$	Error relativo promedio (%)
97,01	0,130232	-0,81

En el **Gráfico 4** se observan valores estimados v observados. así como sus residua-



**Gráfico 4. Volumen total futuro estimado y observado y sus residuos**  
**Figure 4. Estimated and observed future total volume and residual**

La correcta definición y medición de las variables de estado de rodal, que forman parte de las ecuaciones arriba definidas, es de fundamental importancia, a los efectos de poder estimar adecuadamente los crecimientos y producciones, presentes y futuros.

Para la definición del modelo de conducción silvícola más conveniente, en función del objetivo de producción, se requiere contar con información respecto del manejo de la densidad más adecuada para optimizar los incrementos y aumentar la proporción de los productos de mayor grado de calidad. Conocer con mayor detalle la producción bruta de madera estimada, en términos de productos forestales, a través de ecuaciones de volumen-forma disponibles para la especie (Crechi *et al.*, 2006; Fassola *et al.*, 2006, 2007), permitirá al productor forestal conocer mejor su producción forestal y en consecuencia mejorar su rentabilidad.

### Conclusiones

El sistema de ecuaciones generado, es una herramienta confiable para el manejo de rodales coetáneos de *Eucalyptus grandis*, permitiendo estimar adecuadamente producciones presentes y futuras en área basal y volumen total, así como sus respectivos crecimientos, para la zona norte de la provincia de Misiones.

La combinación de estas ecuaciones permitirá contar con elementos importantes para la toma de decisiones relacionada con la planificación de la producción forestal a corto y largo plazos.

Es deseable a futuro, robustecer la base de datos disponible, con más información a partir de parcelas permanentes y experimentales, incorporando más sitios, densidades, edades y tratamientos silvícolas.

### Agradecimientos

Se agradece a las empresas Taeda S.A., Plantar S.A., Papelera Sarandí S.A., INTA CAMB (Campo Anexo Manuel Belgrano), ILC (Instituto Línea Cuchilla) y productores forestales independientes (Figueroa Ramón, González Luis, DalmolinJandir), por haber permitido la instalación y mediciones de parcelas permanentes en diferentes rodales de *Eucalyptus grandis*. Al personal de apoyo técnico que colaboró con las mediciones, Otto Knebel, Diego Aquino y Lucas Giménez.

## Bibliografía

- Alder D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol. 2: Predicción del rendimiento. Estudio FAO: Montes 22/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia. 200 p.
- Assman, B. 1970. The principles of forest yield study. Oxford: Pergaman Press. 506 p.
- Aparicio, J. L.; Larroca, F.; Dalla Tea, F. 2004. Silvicultura de Establecimiento de *Eucalyptus grandis*. IDIA XXI. P. 64-67.
- Censo Forestal. SIFIP – Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial v1.0 (SIFIP). 2010. Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) - Subsecretaría de Desarrollo Forestal del Ministerio del Agro y la Producción de Misiones.
- Costas R., Mac Donagh, P., Weber E., Figueredo S., Gómez C., Irschick P. 2006. Modelos predictivos de la producción de *Pinus taeda* empleando variables vinculadas con las podas. *Bosque* 27(2), 98-107.
- Costas R., Korth S., Figueredo S., Weber E., Mac Donagh P., Friedl A., Heck J., Alves do Porto M. 2007. Sistema de ecuaciones de producción y crecimiento de *Pinus taeda* L. con variables asociadas a las podas. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). *Sistemas y Recursos Forestales* 2007 16(2), 136-144.
- Crechi E., Fassola H., Ferrere P., 1999. Simulador Forestal. *Pinus taeda* V 2.0. Manual de descripción técnica. Programa Cooperativo Simulador de Crecimiento. Documento de trabajo.
- Crechi E., Fassola H., Friedl R., 1998. Simulador Forestal. *Pinuselliottii* V 1.0. Manual de descripción técnica. Programa Cooperativo Simulador de Crecimiento INTA-FCF. Montecarlo, Misiones, Argentina. 18 pp.
- Crechi, E. H.; Friedl R. A.; Fernández, R. A.; Fahler, J. C. 2001. Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Pinus taeda* L. sobre el crecimiento y la producción en el Noroeste de Misiones, Argentina". 2º Simposio Latino-Americano Sobre Manejo Forestal. UFSM. Pós Graduação En Ingeniería Forestal. Santa María, Rs, Brasil. P 189-210.
- Crechi E.; Fassola H.; Barth, S.; Keller A.; Costa J. 2006. Comparación para la Mesopotamia y ajuste para Misiones-NE de Corrientes Argentina de ecuaciones de volumen total para *Eucalyptus grandis* Hill. Ex -Maiden. Implantado en la zona norte de la provincia de Misiones, Argentina. Actas en CD XII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Ftales. –INTA EEA Montecarlo.
- Crechi, E.H.; Fassola, H.E.; Keller, A.E.; Barth, S.R. 2011. Desarrollo de funciones de índice de sitio para *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia Argentina. *RIA* 37-3. P. 238-248. Diciembre de 2011.
- Fassola H.; Crechi E.; Keller A. 2006. Curso de capacitación en el empleo de funciones de volumen y volumen forma para *Pinus taeda*, *Pinuselliottii* y *Eucalyptus grandis* para distintas regiones agroecológicas de la Mesopotamia Argentina. Boletín técnico N° 59. –INTA EEA Montecarlo. 31 pp.
- Fassola Hugo; Crechi Ernesto; Keller Aldo; Barth Sara. 2006. Ecuaciones de forma variable para la estimación de diámetros a distintas alturas para *Eucalyptus grandis* cultivado en la Mesopotamia Argentina. XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 26 y 27 de Octubre 2006.
- Fassola Hugo E.; Crechi Ernesto H.; Keller Aldo E.; Fernández Ezequiel. 2007. Funciones y Algoritmos dasométricos para manejo silvícola intensivo, de aplicación en plantaciones forestales orientadas a producción de madera de alto valor agregado. Región Mesopotámica. *Pinuselliottii* y *Eucalyptus grandis*. Parcial para *Pinus taeda*. Informe Final Proyecto PAN 571. INTA EEA Montecarlo. INFORME TÉCNICO N° 61. 103 p.
- Fassola, H. E; Crechi, E.; Keller, A.; Barth, S. 2007. Ecuaciones de forma de exponente variable para la estimación de diámetros a distintas alturas para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden cultivado en la Mesopotamia Argentina. *RIA*, 36 (2): 109-128. INTA, Argentina.
- Infostat. (2003). InfoStat versión 1.5. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. *Mensura Forestal*. IICA-BMZGTZ. San José. 561 p.
- Sanquetta C. 1996. Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal. Serie didática N° 08. FUPEF, Curitiba, Brasil. 49 pp.
- Trevizol, T. L. Análise de um modelo compatible de crescimento e produção em plantações de *Eucalyptus grandis* (W. Hill ex Maiden). 1985. Tese (M. S.). Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. Brasil. 94 Págs.

**FENOLOGÍA DE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud, *Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius y *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin. UN REMANENTE ARBÓREO DE SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA**

**PHENOLOGY OF *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud, *Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius y *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin. AN ARBOREAL REMAINING IN SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA**

**Barth, S.R.<sup>1;2</sup>; González, P.<sup>1;2</sup>; Agostini, J. P.<sup>1;2</sup>; Rotundo, C.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UNaM. Facultad de Ciencias Forestales. Bertoni n° 124. C. P. 3380. Eldorado. Misiones

<sup>2</sup> Técnicos INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador n° 2472. C. P. 3384. Montecarlo Misiones. e-mail: barth.sara@inta.gob.ar

**Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la fenología de la fase reproductiva de las especies *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* y *Schefflera morototoni* en relación a la influencia de variables agrometeorológicas como temperatura y humedad relativa. Los registros fenológicos fueron tomados de tres individuos por especie, seleccionados por muestreo aleatorizado en el remanente boscoso del Campo Anexo Manuel Belgrano, INTA, San Antonio, Misiones. La metodología empleada fue una adaptación del Registro Fenológico propuesto por Ledesma en 1953. Las especies presentaron una sincronía entre desarrollo de fases fenológicas y las variables meteorológicas estudiadas, observándose este hecho a través de análisis de correlación.

**Palabras clave:** fases fenológicas, ciclo reproductivo, temperatura, humedad relativa.

**Summary**

The aim of this study was to characterize the reproductive phenology of *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* and *Schefflera morototoni* in relation to influence of agrometeorological variables such as temperature and relative humidity. Phenological records were taken from three individuals of each selected species. The selected trees were randomly chosen in the remaining native forest at San Antonio, Misiones. An adaptation of phenological record proposed by Ledesma in 1953 was used to determine phenology stages. For considered species, correlation analysis showed a synchrony between phenological development stages and the studied meteorological variables.

**Key words:** phenology, reproductive cycle, temperature, relative humidity.

## Introducción

La información fenológica de las especies es de suma importancia para la planificación de tareas del silvicultor. Permite conocer épocas de polinización, floración, formación, maduración y dispersión o colecta de frutos y material de propagación agámica, así como también programar épocas propicias de poda, entre otros.

La fenología es el estudio de las fases o actividades del ciclo de las plantas o animales vivos y su ocurrencia temporal a lo largo del año, lo que contribuye a la comprensión de los patrones reproductivos y vegetativos de plantas y animales que dependen de ellos (Morellato, 1995). Estos conocimientos son de suma importancia para la comprensión de la compleja dinámica de los ecosistemas forestales, siendo los conocimientos fenológicos, en bastas regiones, escasos y fragmentados (Fournier & Charpantier, 1975). Según Newstrom *et al.* (1994), las fenofases: brotación, floración y fructificación en plantas tropicales y subtropicales son complejas dado que presentan patrones irregulares difíciles de reconocer.

El conocimiento de la fenología permite evaluar la disponibilidad de recursos a lo largo del año (Morellato, 1995). El conocimiento de la floración y fructificación permite predecir los períodos reproductivos de las plantas, sus ciclos de crecimiento y otras características de gran valor en la gestión forestal (Fournier, 1974, 1976).

Esta información sobre fases reproductivas de las especies arbóreas es de suma importancia para proporcionar parámetros con vistas a la conservación y explotación racional de nuestros bosques nativos, conciliando sostenibilidad con viabilidad económica (Fantiniet *a.*, 1992; Reis, 1996; Reiset *al.*, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el ciclo reproductivo y vegetativo de las especies *Cordia trichotoma* (Loro negro), *Cabralea canjerana* (Cancharana) y *Schefflera morototoni* (Cacheta) en relación a variables meteorológicas de temperatura y humedad a fin de brindar una herramienta de ayuda a la planificación de actividades de diversificación productiva con las mismas.

Loro negro pertenece a la familia Boraginaceae, es una especie arbórea que mide entre 25 a 35 metros de alto y hasta 100 cm de diámetro (Reitz *et al.* 1988), su tronco es recto y cilíndrico con 10-15 m (Reitz, 1988; Carvalho, 2003). Es un árbol de hojas caducas, simples, alternas, espiraladas, oblongo-agudas, sub-coriáceas. Sus flores son pequeñas, blancas, perfumadas, con floración vistosa observable de enero a Julio, siendo de uso melífero (Carvalho, 2006). La densidad de la madera entre 0,60 a 0,80 g/cm<sup>3</sup>, apreciada por industria del mueble de lujo, aserradas, en general, laminados y revestimientos (Carvalho, 2006). En la Argentina, el Loro negro fue encontrado de forma natural en el NE y NO del país (Martínez-Crovetto, 1963; Legname, P. R., 1982).

Cancharana es una especie perteneciente a la familia Meliaceae. Se distribuye naturalmente desde los 10° N en Costa Rica hasta los 31° 30' en Brasil, nordeste de Argentina, este de Paraguay, Bolivia y en Perú. En condiciones con precipitaciones medias anuales de 850 a 2500 mm y temperaturas de 14 a 27 °C. Presenta una alta longevidad, pudiendo alcanzar los 300 años. Se encuentra en suelos desde fértiles y profundos hasta suelos de baja fertilidad natural, prefiere suelos húmedos, profundos y de textura arcillosa (López *et al.*, 1987). Es un árbol perennifolio a semi caducifolio, con alturas de 10 a 30 m y diámetros de 40 a 150 cm, fuste recto a torcido de 4 a 12 m de altura. La corteza externa es de color gris, semi-áspera. Hojas compuestas, inflorescencias en panícula, los frutos son cápsulas globosas. La madera es semi dura y semi pesada (peso específico de 0,45 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>). Alburas color rosado amarillento y duramen castaño rojizo. Es fácil de trabajar, moderadamente difícil de preservar y de una durabilidad natural media a alta. Es utilizada en la fabricación de muebles finos, carpintería, tornería, decoración de interiores, construcción civil, cajas y embalajes.

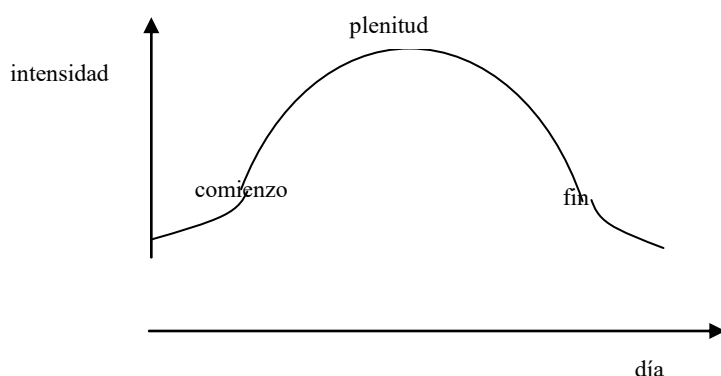
De la corteza se extrae un colorante rojizo y el extracto de las flores es usado en perfumería. Es una planta melífera y se ha plantado como ornamental, y en programas de recuperación ambiental (Ramoset *al.*, 1991; Durigan&Nogueira, 1990).

Cacheta es un árbol de hojas perennes y puede alcanzar hasta 35 m de altura y 80 cm de dap (diámetro altura del pecho) (Salomão& Silva, 2006), con la longevidad media de entre 35 y 50 años (Nieves, 1979). El tronco del árbol es cilíndrico, recto o ligeramente tortuoso con hasta 15 m de longitud y posee ramificación sólo en el ápice. Las hojas son compuestas digitadas. Las inflorescencias son terminales, con umbelas parciales de hasta 40 flores (Fiashi&Pirani, 2008). Las flores son pequeñas, numerosas, coloración beige pálido, sésiles o pediceladas y hermafroditas (Ohashi&León, 2005). Los frutos son una drupa carnosa, que contiene generalmente dos pirenos (Carvalho, 2003; Ohashi& León, 2005). Su distribución geográfica va desde Centroamérica en países como, Belice, Costa Rica, Cuba, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana y Trinidad y Tobago a las regiones subtropicales y el norte de Argentina entre otros países de América del Sur como Bolivia, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Suriname, Venezuela y Brasil (Salomão Y Silva, 2006). Su amplia distribución geográfica, afecta con una gran variación en los períodos de floración y fructificación, por otra parte los eventos fenológicos se muestran de forma anual (Ohashi& León, 2005).

### Materiales y métodos

La observación y registro de fases fenológicas y datos meteorológicos fueron tomados en el Campo Anexo Manuel Belgrano, perteneciente a INTA, en San Antonio, Misiones, Argentina. En esta primera etapa se consideró 3 individuos por especie. El trabajo está basado en la observación y registro de los cambios que se fueron produciendo en los ejemplares arbóreos. Estos cambios determinaron períodos denominados “fases” y estas a su vez se dividieron en “momentos”. Se consideró fase a "toda aparición o desaparición de órganos en forma continuada".

La aparición de los órganos de una fase puede asimilarse a lo representado en una curva normal de frecuencias, donde la ordenada indica el número diario de órganos aparecido y la abscisa, las fechas (**Figura 1**). Trabajamos con una adaptación del Registro Fitofenológico Integral de Ledesma (1953), reemplazando el empleo de símbolos gráficos para el registro de aparición o desaparición de órganos (con una escala de 1 a 5 símbolos para indicar avance, es decir, inicio o plenitud de fase) se empleó una planilla con valores expresados en % (modelo en **Tabla 1**).



**Figura 1. Curva normal de frecuencias relativas (%).**

**Figure 1. Standard curve relative frequencies (%).**



**Tabla 1. Modelo de planilla de campo**  
**Table 1. Field form model field**

<b>Especie:</b>		<b>Ubicación:</b>		<b>Observaciones:</b>	
<b>N° árbol:</b>					
		<b>FASE</b>			
fecha	floración	crecimiento del fruto	maduración del fruto	caída del fruto	

Consideramos como ciclo reproductivo, al que abarca desde el comienzo de la fase de floración, pasando por crecimiento, maduración (cambio de color) y caída del fruto (dispersión) hasta la próxima floración.

En cuanto al análisis de los datos y la interpretación de resultados, cabe acotar que para que los registros fenológicos pudieran ser utilizados en cálculos matemáticos, se transformaron las fechas en número de días del año, el Calendario Juliano. Con estos valores obtenidos se determinaron promedios, variabilidades y valores extremos.

Los datos meteorológicos empleados fueron obtenidos mediante registro continuo a través de data loggers de temperatura y humedad, los que fueron además comparados con los tomados en casilla meteorológica automática. Para el análisis de correlación de los factores climáticos del período de estudio aquí presentado con las fenofases, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman recomendado para datos que no presentan una distribución normal.

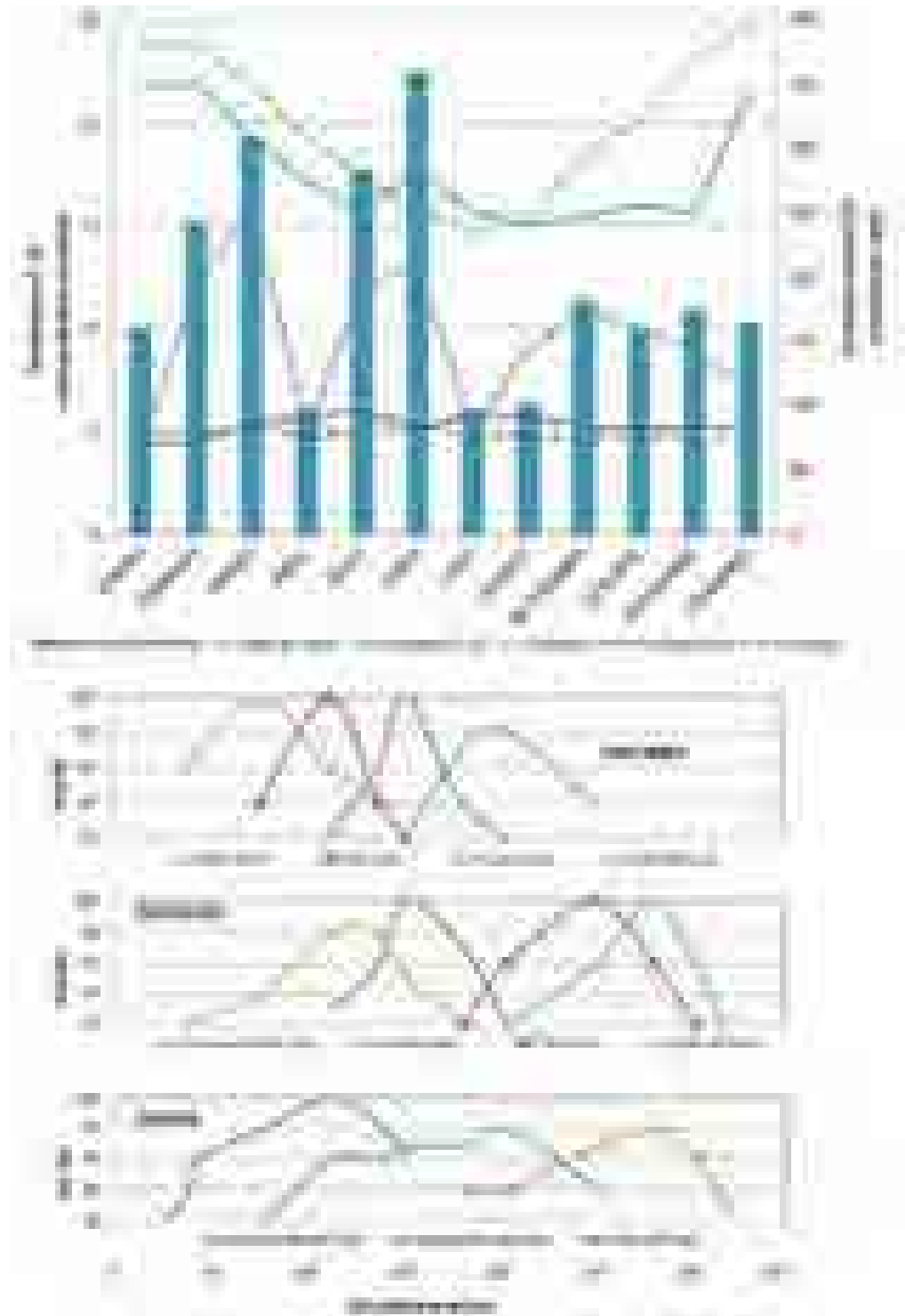
### Resultados

En la **Figura 2** se presenta el dendrofenograma relacionando fases reproductivas(%) con variables meteorológicas como: temperatura, humedad relativa, precipitación y número de días con lluvia por mes. El ciclo reproductivo de cada una de las especies puede ser observado en fotocomposición 1.



**Fotocomposición 1. Fenología de ciclo reproductivo de: a) *Cabralea canjerana*, b) *Cordia trichotoma*, c) *Schefflera morototoni*.**

**Photocomposition 1. Phenology of reproductive cycle: a) *Cabralea canjerana*, b) *Cordia trichotoma*, c) *Schefflera morototoni*.**



**Figura 2. Dendrofenograma año 2013. *Cabralea canjerana*, *Cordia trichotoma*, *Schefflera morototoni*. Campo anexo Manuel Belgrano. San Antonio. Misiones.**  
**Figure 2. Dendrophenogram 2013. *Cabralea canjerana*, *Cordia trichotoma*, *Schefflera morototoni*. Manuel Belgrano field. San Antonio. Misiones.**

A diferencia de lo referenciado para clima de la región, régimen isohigro, se presentaron picos de precipitación en los meses de febrero-marzo y mayo-junio (Silva *et al*, 2008).

En Loro negro, se presentó una correlación positiva entre formación de botón floral y floración con respecto a temperatura, y negativa entre floración y humedad relativa. La

maduración del fruto fue favorecida por la humedad relativa y precipitación, no así la caída del mismo. El período de plenitud de fase de maduración de fruto se dio en época de menor temperatura.

En Cancharana, se dio una correlación positiva entre floración y lluvia y en menor grado en caída del fruto con respecto a precipitación y humedad relativa.

En Cacheta se evidenció una correlación negativa entre temperatura y crecimiento y maduración del fruto, no siendo este hecho tan marcado con respecto a humedad relativa y precipitación. La caída del fruto fue favorecida por la lluvia y la temperatura.

En Loro negro, la plenitud de la fase de formación del botón floral se dio en el mes de marzo, floración entre abril y mayo, maduración del fruto en el mes de junio y la caída del fruto en el mes de julio, ambas fases en coincidencia con las temperaturas bajas del invierno.

En Cancharana, el período de plenitud de fase de crecimiento de fruto se dio en mayo, con bajas temperaturas y elevada precipitación y humedad relativa, la maduración óptima del fruto en esa localidad se dio entre la segunda quincena de junio y la primera de julio. En septiembre se da la floración que dará lugar a los frutos del año próximo. La caída de fruto máxima se produce en el mes de octubre. Cabe acotar que dicho fruto presenta dispersión zoocórica por aves y mamíferos. A fin de aprovechar las semillas para viverización es conveniente la cosecha de frutos en el individuo a través de pértigas y escalera.

*Cacheta* evidenció plenitud de fase de crecimiento de fruto a mediados de otoño con precipitaciones elevadas y descenso de temperaturas. La plenitud de fase de maduración de fruto ocurrió entre los meses de mayo a agosto, siendo prolongada, al igual que la fase de caída de fruto que se dio entre los meses de septiembre, octubre y noviembre. Al igual que en Cancharana, los frutos de cacheta para viverización de semillas son recolectados en el árbol mediante pértigas y escalera al inicio del período de caída de los mismos ya que su dispersión es zoocórica por aves y mamíferos.

En las distintas especies estudiadas los estadios del ciclo reproductivo se mostraron relacionados en forma positiva o negativa a variables meteorológicas. Este hecho fue comprobado por diversos investigadores en diferentes especies y zonas. Entre ellos, Morelato (1992) comentó que un aumento de la temperatura y de la precipitación y una variación del fotoperíodo pueden influenciar en la floración. Medeiros *et al.* (2007) propuso que en ciertas especies los picos de fructificación pueden estar relacionados, además de con factores climáticos, con las características de fruto y forma de dispersión de las mismas.

Para construir un patrón fenológico a lo largo del tiempo es necesario estudios de largo plazo, contemplando varios años de observación. El trabajo aquí puesto en consideración forma parte de un avance de resultados del primer año de trabajo de un proyecto a desarrollar por un lapso de seis años. Las fechas de inicio, plenitud y fin de fase presentaron valores semejantes a los hallados para las especies consideradas en estudios realizados por Eibl *et al.*, 1997 para especies de la selva Misionera.

## Conclusión

La floración y formación de frutos en las distintas especies estudiadas se mostró relacionada a cambios en las variables meteorológicas analizadas (temperatura y humedad relativa). El período de plenitud de la fase de maduración de frutos *Cordia trichotoma* y *Cabralea canjerana* en San Antonio coincidió entre la tercera semana de mayo y la primera semana de julio, siendo julio el momento de la cosecha de frutos con destino a viverización (según ensayo paralelo realizado, con un 75 a 90 % de poder germinativo). *Scheffleramorotoni* presentó una mayor ventana de colecta, dado la persistencia de frutos maduros en el árbol desde mayo a agosto, con gran variabilidad de grado de maduración entre los mismos.

Es necesario a futuro estudiar, además de relaciones entre factores climáticos y fases reproductivas, la ecología de las especies para detectar otros factores influyentes en el desarrollo de las mismas.

### **Agradecimientos**

Se agradece al personal de campo de INTA, en especial a Jorge Costas, Ramón Alcaraz, Lucas Giménez, Diego Aquino y a la Licenciada Pamela Alarcón por la colaboración en el trabajo de recolección de datos fenológicos y meteorológicos. El proyecto es financiado en forma parcial por la Convocatoria de Proyectos Especiales de la Secretaría General de Ciencia Y Técnica de la Universidad Nacional de Misiones, el Proyecto de Investigación Aplicada PIA 10047 (Unidad para el Cambio Rural dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación) y Proyectos INTA del Centro Regional Misiones.

## Bibliografia

- Bosso, A.; Céspedes, J. Listas Actualizadas de los Anfibios de la Áreas Protegidas del NEA Argentino. San Miguel de Tucumán: Libro de Resúmenes. XI Reunión de Comunicaciones Herpetológicas. 1995.
- Cabrera, A.L. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Buenos Aires: Enciclopedia Argentina de Agric. Y Jardinería. 2º ed., Tomo II, 85p. 1976.
- Carvalho, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006. v. 2, 628 p. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 2).
- Carvalho, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: EMBRAPA/CNPR, Brasília: EMBRAPA-SPI, v.1, 2003. 1039 p.
- Chávez, H.; Chebez, J.; Maletti, R.; Arce, A. Plan Operativo de la Reserva Natural Estricta San Antonio. 1996-1997. Buenos Aires: Administración de Parques Nacionales. 30p. 1996.
- Durigan, G.; Nogueira, J.C.B. Recomposição de matas ciliares. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14p. (IF. Série Registros, 4).
- Eibl, B. I.; Silva, F.; Bobadilla, E.; Ottenweller, G. 1997. Fenología de Especies Forestales de la Selva Misionera. Revista Yvyrareta nº 8, p. 78-87.
- Fantini, A. C. et al. Sustained yield management in tropical forest: a proposal based on the autoecology of the species. *Sellowia*, v. 42/44, p. 25-33, 1992.
- Fiaschi, P.; Pirani, J.R. Padrões de distribuição geográfica das espécies de *Schefflera* J. R. Forst. & G. Forst. (Araliaceae) do Brasil extra-amazônico. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.31, n.4, p.633-644, 2008.
- Fournier, L. A. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento de los árboles. *Turrialba*, v. 26, n. 1, p. 96-97, 1976.
- Fournier, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.
- Fournier, L. A.; Charpantier, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia e las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, v. 25, n. 1, p. 45-48, 1975.
- Ledesma, N. R. 1953. Registro Fitofenológico Integral. *Meteoros*. Año III, nº 1: 81-96.
- Legname, P.R., 1982. Árboles indígenas del noroeste argentino (Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca. *Opera Lilloana* 34: 1-225. Tucumán, Argentina.
- López, J. A.; Little Junior, E. L.; Ritz, G. F.; Rombold, J. S.; Hann, W. J. 1987. Árboles comunes del Paraguay: nande YvYra mata kuera. Washington. *Cuerpo de Paz*. 425 p.
- Martinez-Croveto, R. Esquema fitogeográfico de la provincia de Misiones (República Argentina). *Bonplandia, Corrientes*, v.1, n.3, p.171-223, 1963.
- Medeiros, D. P. W.; Zickel, C. S.; Lopes, C. S. Phenology of woody species in a tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. *Flora*: v. 202, p. 235-247, 2007.
- Morellato, L. P. C. 1995. As estações do ano na floresta. In: LEITÃO FILHO, H. F. E Morellato, L.P.C. (Orgs.). *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra*. Campinas: UNICAMP, 1995. p.187-192.
- Morellato, L. P. C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: L. P. C. Morellato (Org.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da Unicamp, Campinas, 1992.
- Newstrom, L. E.; Frankie, G. W.; Baker, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland tropical Rain Forest Tress at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*: v. 26, n. 2, p. 141-159, 1994.
- Nieves, L.O. Ecological life history study of *Didymopanax morototoni*. 1979. 85 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade de Porto Rico, Rio Piedras, 1979.
- Ohashi, S.T.; Leão, N.V.M. Morototó *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerm. & Frodin. Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia, n.12, 2005. Disponível em: <<http://www.rsa.ufam.edu.br:8080/sementes/especies/pdf/doc12.pdf>> Acesso em: 14 ago. 2009.
- Ramos, A.; Biscaia, R. C. M.; Castellano, A. C.; Leitão, L. C. Levantamento florestal da estação experimental Morretes I do Instituto Agrônomo do Paraná. In: Congresso Florestal e do Meio Ambiente do Paraná, 3., 1991, Curitiba. Anais. Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 113-124.
- Reis, M. Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para a conservação e manejo de populações naturais em plantas. *Revista Brasileira de Genética*, v. 19, n. 4, p. 37- 47, 1996. (Suplemento)
- Reis, M. S. et al. Sustained yield management of *Euterpe edulis* Martius (Palmae): a tropical palm tree from the Atlantic Tropical Forest. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 11, n. 3, p. 1-17, 2000.
- Reitz, R.; Klein, R. M.; Reis, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SUDESUL, 1988. 525 p.
- Salomão, A.N.; Silva, J.A. da (Ed.). Reserva Genética Florestal Tamanduá. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 137p.
- Silva, F.; Eibl, B.; Bobadilla, A. 2008. Características climáticas de la localidad de Eldorado. Misiones, Argentina. En actas de las XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado Misiones

**CUANTIFICACION DE LA DENSIDAD Y RIQUEZA DE LA REGENERACION DE ARBOLES NATIVOS EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda* EN MISIONES MEDIANTE ÍNDICES POLARIMÉTRICOS DERIVADOS DE IMÁGENES SAR COSMOSKYMED**

**QUANTIFICATION OF NATIVE TREE REGENERATION DENSITY AND SPECIES RICHNESS IN *Pinus taeda* PLANTATIONS IN MISIONES USING POLARIMETRIC INDICES FROM SAR COSMOSKYMED IMAGES**

**Arturi Marcelo 1; Presutti M. 1; Ritter L. 1 ; Goya J. 1; Burns S. 1; Pinazo M. 2 y Azcona M.1**

1 Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata. Diag. 113 esq 61 Piso 2. 1900. La Plata, BsAs, Argentina. +5402214236758 int 462. Email: presutti@agro.unlp.edu.ar  
2INTA EEA Montecarlo, Misiones

**Resumen**

Las variaciones estructurales del sotobosque pueden no ser detectadas en imágenes satelitales ópticas como LANDSAT. Por el contrario las imágenes RADAR podrían cuantificar la estructura de las plantaciones a nivel del dosel como del sotobosque. Se exploró si los índices calculados de imágenes radar cuantifican la riqueza y densidad del sotobosque en plantaciones de *Pinus taeda* en Misiones. Se aplicó regresión lineal múltiple utilizando la densidad y riqueza del sotobosque como variables dependientes y los índices de la imagen como independientes. Los modelos presentaron buenos ajustes con la densidad del sotobosque si se incluye la edad de la plantación como predictor. No ocurrió lo mismo con la riqueza. Estos resultados son sólo de valor exploratorio ya que se dispuso de sólo 9 observaciones de campo. Sería posible monitorear la densidad del sotobosque en las plantaciones usando la edad del rodal y los índices calculados a partir de la imagen.

**Palabras clave:** Teledetección, radar, biometría forestal, biodiversidad

**Summary**

Structural variations of forest understorey are not usually detected by optical satellite images. However, radar images exhibit a sensitivity to structural variation at canopy and understorey level. It was explored here if indices from radar images are suitable for quantification of understorey density and species richness in *Pinus taeda* plantation in Misiones. Multiple regression models were fitted using tree saplings density and species richness as dependent variables and radar image indices as predictors. Suitable models were fitted for saplings combining image indices with stand age as predictors. No significant fit was attained for species richness. Results must be taken as exploratory since only 9 field observations were used. As a conclusion, tree saplings density could be monitored on the basis of stand age and radar image information.

**Key words:** Remote sensing, radar, forest biometry, biodiversity

## Introducción

Las características estructurales de la vegetación pueden estimarse mediante la utilización de imágenes ópticas que son sensibles a la respuesta espectral de la superficie del dosel. Las variaciones estructurales del sotobosque pueden no reflejarse en la respuesta espectral a nivel de la superficie del dosel por lo que podrían no ser detectadas imágenes satelitales ópticas como LANDSAT. Por el contrario las imágenes RADAR son sensibles a variaciones en tres dimensiones de la estructura de la vegetación y podrían brindar información acerca de las variaciones estructurales de las plantaciones tanto a nivel del dosel como del sotobosque (Bergen *et al.* 2009).

Las plantaciones de *Pinus* representan un importante uso de la tierra en la Provincia de Misiones. Este uso de la tierra fue cuestionado en diferentes regiones geográficas por su efecto negativo sobre la biodiversidad, aunque existen evidencias de que la regeneración de especies vegetales nativas en su interior (Dummel y Pinazo 2013) llega a representar una importante contribución en términos de mantenimiento de la riqueza florística así como la provisión de hábitat y recursos para la fauna local (Lindenmayer 2003). La densidad y riqueza del sotobosque resulta afectado por la edad y las características estructurales de las plantaciones (Ritter *et al.* 2013). En las plantaciones de *Pinus taeda* de Misiones se encontró que la riqueza y densidad de la regeneración de árboles nativos aumentaron con la edad de la plantación y se vieron negativamente afectados por el área basal. El objetivo del presente trabajo fue explorar en que medida los índices copolarimétricos y creoss-polarimétricos calculados a partir imágenes radar permiten realizar estimaciones de la riqueza y densidad de la regeneración de arboles nativos en las plantaciones de *Pinus taeda* en Misiones. Se evaluó si la relación entre los datos obtenidos de la imagen y la densidad y riqueza del sotobosque fue indirecta, a través de la detección de variables estructurales del dosel de la plantación, o bien, si las variaciones estructurales del sotobosque fueron detectadas directamente por el sensor remoto.

## Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el Departamento de Iguazú. Se seleccionaron 9 rodales de *Pinus taeda* de diferentes edades y densidades. En cada rodal se establecieron cuatro parcelas de 300 m<sup>2</sup> distribuidas sistemáticamente con un espaciamiento mínimo de 20 m. Este grupo de parcelas fue tomado como una unidad de muestreo de 1200 m<sup>2</sup>. En cada parcela se registró el número, DAP (diámetro del tallo a 1,3 m de altura) y especie de los individuos arbóreos nativos con DAP mayor o igual a 5 cm. También se registró el DAP y número de individuos de los pinos para caracterizar la estructura de la plantación. A partir de esas mediciones se estimó la densidad (ind./ha) y riqueza (número de especies) de las especies arbóreas nativas y el diámetro cuadrático medio (cm), área basal m<sup>2</sup>/ha) y densidad (ind./ha) de los pinos.

## Análisis de imágenes

Las imágenes utilizadas en este trabajo son CSK Duales (dos modos de polarización), con una resolución espacial de 15 m, el modo de adquisición es Ping Pong/Stripmap (PP) con un ancho de barrido de 30 km. Las imágenes CSK nivel de procesamiento 1B fueron calibradas utilizando el programa de uso gratuito NEST 4C, convirtiendo la imágenes de Amplitud a coeficiente de dispersión ( $\sigma^{\circ}$ ), que es una magnitud física que contiene las propiedades del blanco. Las imágenes calibradas, fueron filtradas y reproyectadas con el fin de superponerlas con los datos medidos en las parcelas. Estas imágenes fueron exportadas a formato TIFF para leerla con el programa ERDAS Imagine, con el cual se realizó el análisis cuantitativo.



Finalmente, en ERDAS se generó un archivo con seis bandas de distintas polarizaciones y tres fechas distintas a partir de las cuales se generaron los índices co y cross polarimétricos: HH/VV y VV/HH y los índices cross-polarimétricos VV/HV y HH/HV.

### Análisis estadísticos

Se aplicaron modelos de regresión lineal múltiple utilizando la densidad de la regeneración de arboles nativos como variable dependiente y los índices co-polarimétricos y crosspolarimétricos obtenidos de las imágenes radar como independientes (Modelo 1). Se llevó a cabo un proceso manual de selección de variables sobre la base de los valores de “t” en los coeficientes de regresión de cada una. De la misma manera se desarrolló un modelo lineal múltiple con la densidad de arboles nativos sobre el área basal de pino y la edad de la plantación (Modelo 2). Luego, los residuos de ese modelo fueron utilizados como variable dependiente en función de los índices radar seleccionados en el Modelo 1. De esta manera se evaluó si el modelo desarrollado sobre la base de la información satelital (Modelo 1) aportaba información adicional a la explicación basada en el Modelo 2. Finalmente se evaluó mejoraba el ajuste del modelo 1 si, además de las variables obtenidas de la imagen, se incorporaba la edad de la plantación (Modelo 4).

El mismo procedimiento se llevó a cabo para evaluar la capacidad de predecir la riqueza de la regeneración de arboles nativos a partir de la imagen RADAR.

Debido a que todos estos análisis se llevaron a cabo con solo 9 observaciones de campo los resultados derivados de los mismos deben tomarse con carácter exploratorio.

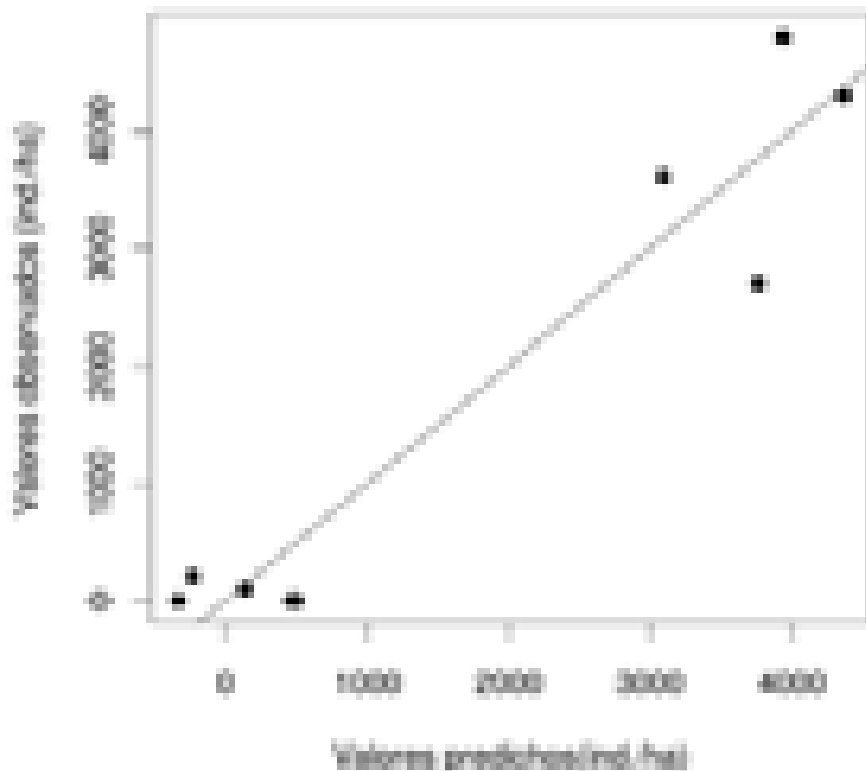
### Resultados

Se halló un modelo de ajuste significativo de la densidad del sotobosque sobre la el índice cross-polarimétrico X-VV/HV (Tabla1). El mismo presentó alta dispersión con un R<sup>2</sup> de 0,24. El modelo de regresión de densidad del sotobosque sobre la edad y el área basal del rodal presentó un buen ajuste con un efecto positivo de la edad y negativo del área basal (Tabla 1). Los residuos de este modelo presentaron una regresión significativa sobre el índice cross-polarimétrico. El modelo de mayor R<sup>2</sup> fue el que incluyó la edad de la plantación e índice cross-polarimétrico con un R<sup>2</sup> de 0,89. El análisis gráfico de la distribución de los residuos no puso en evidencia falta de linealidad ni heterogeneidad de la varianza residual (Figura 1).

**Tabla 1. Modelos de regresión de la densidad de la regeneración de arboles nativos sobre los índices calculados a partir de imágenes radar (modelo 1), sobre variables conocidas de la plantación (modelo 2), de los residuos del modelo 2 sobre índices de la imagen (modelo 3) y una combinación de información de la imágenes y del rodal (Modelo 4).**

**Table 1. Regression models for understory density as a function of indices calculated from radar images (Modelo 1), stand level information (Modelo 2), residuals from Modelo1 as a function of radar indices (Modelo 3) and a combination of radar and stand level information (Modelo 4). t: statistics value, P: value of probability, R<sup>2</sup>: coefficient of determination.**

Variable dependiente en cada modelo	Parámetro	Estimación	t	P	R <sup>2</sup>
Modelo 1: densidad (ind./ha)	Ordenada al origen	-5361	-1,83	0,1104	0,39
	b (x-VV/HV)	2113	2,46	0,0432	
Modelo 2: densidad (ind./ha)	Ordenada al origen	3142	2,14	0,0792	0,85
	b1 (Área basal del rodal)	-218	-2,98	0,0246	
	b2 (Edad del rodal)	201	6,65	0,0006	
Modelo 3: residuos del Modelo 2	Ordenada al origen	-2577	-2,89	0,0232	0,49
	b (x-VV/HV)	766	2,94	0,0216	
Modelo 4: densidad (ind./ha)	Ordenada al origen	-5289	-4,21	0,0056	0,89
	b1 (x-VV/HV)	1423	3,67	0,0104	
	b2 (Edad del rodal)	116	5,66	0,0013	



**Figura 1. Valores observados y predichos para el modelo de la densidad de regeneración de árboles nativos sobre los valores de los índices polarimétricos. La línea indica la relación esperada para un modelo de ajuste perfecto con ordenada al origen 0 y pendiente 1.**

**Figure 1. Observed and predicted values for the model of sapling density as a function of polarimetric ratio. The line shows the expected relation for a perfect fit with origin=0 and slope=1.**

Los modelos calculados para la riqueza del sotobosque no presentaron un ajuste significativo con los índices de la imagen radar (Tabla 2). En cambio el área basal y la edad del rodal presentaron un buen ajuste con un fuerte efecto positivo de la edad y un efecto marginalmente significativo y negativo del área basal. Los residuos de este modelo no se ajustaron con las variables provenientes de la imagen (Tabla 2). El modelo que combinó la edad del rodal con la información de la imagen presentó un efecto significativo de la edad pero no del índice cross-polarimétrico.

**Tabla 2. Modelos de regresión de la riqueza de la regeneración de arboles nativos sobre los índices calculados a partir de imágenes radar (modelo 1), sobre variables conocidas de la plantación (modelo 2), de los residuos del modelo 2 sobre índices de la imagen (modelo 3) y una combinación de información de la imágenes y del rodal (Modelo 4).**

**Table 2. Regression models for tree saplings species richness as a function of indices calculated from radar images (Modelo 1), stand level information (Modelo 2), residuals from Modelo1 as a function of radar indices (Modelo 3) and a combination of radar and stand level information (Modelo 4). t: statistics value, P: value of probability, R2: coefficient of determination.**

### Discusión

Variable dependiente en cada modelo	Parámetro	Estimación	t	P	R <sup>2</sup>
Modelo 1: riqueza (número de especies)	Ordenada al origen	-14,71	-1,34	0,2231	0,24
	b (x-VV/HV)	6,03	1,87	0,1031	
Modelo 2: riqueza (número de especies)	Ordenada al origen	8,89	1,43	0,2027	0,77
	b1 (Área basal del rodal)	-0,65	-2,13	0,0791	
	b2 (Edad del rodal)	0,64	5,08	0,0022	
Modelo 3: residuos del Modelo 2	Ordenada al origen	-5,89	-1,15	0,2872	0,04
	b (x-VV/HV)	1,75	1,49	0,2794	
Modelo 4: riqueza (número de especies)	Ordenada al origen	-14,18	-2,28	0,0624	0,75
	b1 (x-VV/HV)	0,41	3,89	0,0081	
	b2 (Edad del rodal)	3,64	1,87	0,1111	

La información proveniente de las imágenes permitió desarrollar modelos con un buen ajuste para estimación de la densidad del sotobosque de las plantaciones de *Pinus taeda* aunque no ocurrió lo mismo con la riqueza. Debido a que estos modelos fueron desarrollados con solamente 9 puntos de observación a campo los resultados deben ser considerados como de valor exploratorio. El modelo de la densidad de sotobosque en función de la edad y el área basal de los rodales arrojó el resultado indicado por trabajos previos que indicaron que la densidad y riqueza del sotobosque aumentan con la edad y disminuyen con el área basal de los rodales. El resultado destacable, en los análisis realizados en este trabajo, es que la información proveniente de la imagen explicó casi el 50% de la variación no explicada por la edad y el área basal del rodal. Ese ajuste indica que la imagen se diferencian directamente las variaciones estructurales aportadas por la regeneración de arboles nativos y que el ajuste del modelo no se debe a que la imagen detecta variaciones del área basal, que a su vez están relacionadas con la densidad del sotobosque.

La falta de ajuste de la riqueza indica que en la imagen no se detectan diferencias estructurales entre situaciones de similar densidad del sotobosque pero diferente riqueza florística. El modelo calculado con la edad y el área basal del rodal arrojaron los resultados esperados indicando un efecto positivo de la edad y negativo del área basal no se encontró un ajuste entre la riqueza del sotobosque y la información proveniente de la imagen.

## Conclusión

Los resultados encontrados sugieren que sería posible monitorear la densidad del sotobosque en las plantaciones ya que el modelo que incluyó como variables predictoras a la edad del rodal y los índices calculados a partir de la imagen presentó un buen ajuste. La edad de las plantaciones puede determinarse mediante el análisis de secuencias temporales de imágenes y, en combinación con las imágenes radar, podrían realizarse estimaciones de la densidad del sotobosque, mediante el uso de sensores remotos.

## Agradecimientos

Este trabajo contó con el financiamiento del Proyecto Forestal de Desarrollo, Ministerio de agricultura Ganadería y Pesca de la Nación y de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de La Plata. Las imágenes utilizadas fueron provistas por CO-NAE (Comisión de Actividades Espaciales) por la provisión de las imágenes radar a través del Proyecto AO-SAOCOM N° 38.

## Bibliografía

- Bergen, K. M., S. J. Goetz, R. O. Dubayah, G. M. Henebry, C. T. Hunsaker, M. L. Imhoff, R. F. Nelson, G. G. Parker, y V. C. Radeloff. 2009. Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: Review and implications for lidar and radar spaceborne missions. *Journal of Geophysical Research* 114: 1-13.
- Dummel, C. y M. Pinazo. 2013. Efecto de variables de paisaje y de rodal sobre la diversidad de especies arbóreas en el sotobosque de plantaciones de *Pinus taeda* en la provincia de Misiones, Argentina. *Bosque* 34: 331-342.
- Faraway J.J., 2006. *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*: Chapman & Hall, 301 pp.
- Lindenmayer D.B. , R.J. Hobbs and D. Salt. 2003. Plantation forests and biodiversity conservation. *Australian Forestry*, 66: 62–66.
- Ritter, L.J., M.F Arturi, S.L. Burns, J. F. Goya y M.A. Pinazo. 2013. Regeneración de árboles nativos en plantaciones de *pinus taeda* l. en misiones, argentina: efectos de la edad de la plantación y la aplicación de raleos. 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú.

**CONSUMO DE AGUA EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda* L. EN LA ZONA NOROESTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES**

**WATER USE IN *Pinus taeda* L. PLANTATIONS IN NORWEST MISIONES PROVINCE**

**Keller A.<sup>1</sup> y Gyenge J. E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ing. Ftal. Investigador INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo, Misiones. Email [keller.aldo@inta.gob.ar](mailto:keller.aldo@inta.gob.ar)

<sup>2</sup> CONICET – AER Tandil EEA Balcarce INTA. Gral Rodríguez 370 (7000) Tandil, Buenos Aires. Email: [gyenge.javier@inta.gob.ar](mailto:gyenge.javier@inta.gob.ar)

**Resumen**

El pino taeda (*Pinus taeda* L.) es la especie forestal más cultivada en la provincia de Misiones. La sociedad ha mostrado interés sobre el impacto que dichas plantaciones puedan tener sobre los recursos naturales. En este sentido, conocer el consumo de agua de esta especie es fundamental para poder planificar el uso del suelo a futuro considerando los posibles impactos en el ambiente, más aún al considerar las predicciones de cambio climático realizadas para la región. El objetivo de este trabajo fue estimar el consumo de agua en plantaciones de pino taeda de diferentes edades y manejos e intentar encontrar algunas relaciones con variables del rodal que permitan realizar estimaciones de uso del agua a nivel agregado. Los resultados muestran que los sistemas silvopastoriles presentaron el consumo de agua más bajo a nivel agregado, seguido por el forestal tradicional y que la cortina de alta densidad tuvo el mayor consumo.

**Palabras clave:** Eficiencia en el uso del agua, sequía, cambio climático, planificación, uso del suelo

**Summary**

Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) is the most widely cultivated tree species in the province of Misiones. The society has shown interest in the impact of these plantations may have on natural resources. In this sense, knowing the water use of this species is essential in order to plan future land use considering potential impacts on the environment, even when considering climate change predictions made for the region. The aim of this study was to estimate water use in loblolly pine plantations of different ages and management and try to find some relations with the stand variables that allow for estimates of water use at the aggregate level. The results show that silvopastoral systems presented the lowest water use at the aggregate level, followed by the traditional forest and high density windbreaks had the highest consumption.

**Key words:** Water use efficiency, drought, climate change, planning, soil use

## Introducción

Las plantaciones forestales con algunas especies de coníferas y latifoliadas exóticas de rápido crecimiento han cobrado una gran importancia económica y social en la provincia de Misiones. En términos generales, se asocia una mayor tasa de crecimiento con un mayor uso de los recursos, entre ellos el agua, lo que plantea interrogantes sobre los impactos ecológicos y la sostenibilidad de la producción de madera de las plantaciones en sitios limitados en agua y/o nutrientes (Gyenge et al. 2011). A la vez, la disponibilidad de agua y nutrientes son los factores abióticos más importantes que afectan el crecimiento de plantaciones forestales en zonas tropicales (Stape et al. 2004). El uso de agua por un cultivo está determinado por varios factores, entre los cuales podemos mencionar el suelo, densidad del cultivo, fenología y genotipo, entre otros. Por lo tanto, el estudio de la capacidad de los individuos de adquirir y usar el agua permitirá entender, modelar y planificar la producción bajo distintos escenarios ambientales.

Existe aún poca información sobre el uso del agua del pino taeda (*Pinus taeda* L.) en la zona de estudio (Keller y Gyenge 2010, Cristiano et al. 2014). La mayor parte de las investigaciones realizadas con la especie y la información generada, aunque es abundante, está basada en poblaciones establecidas en las zonas de origen de la especie (por ejemplo, Teskey et al. 1987, Dicus y Dean 2002, Martin et al. 2005, Ford et al. 2005). Extrapolar directamente los resultados allí obtenidos a las condiciones ambientales y a los materiales genéticos aquí implantados puede conducir a errores en la estimación de la productividad, uso de recursos y respuesta de los mismos a los cambios ambientales pronosticados para la región debido al cambio climático (Knapp et al, 2008).

El pino taeda es la especie forestal más cultivada en la provincia de Misiones, ocupando algo más del 80% de la superficie forestada. En general, para realizar las forestaciones se utiliza material con distinto grado de mejora genética. En este sentido, se pueden encontrar plantaciones con materiales genéticos provenientes diferentes fuentes semilleras, que según resolución N° 256/99 del INASE pueden clasificarse en rodales semilleros, áreas productoras de semillas, huertos semilleros, entre otros, cada uno de ellos con diferentes expectativas de crecimiento. Conocer el consumo de agua de esta especie, tanto como el de otras producciones, es de interés a efectos de contar con información a los efectos de la planificación del uso del suelo a futuro y su posible impacto en el ambiente. El objetivo de este trabajo fue estimar el consumo de agua en plantaciones de pino taeda de diferente nivel de mejoramiento genético, edad y tipo de manejo silvicultural e intentar encontrar algunas relaciones con variables de estado de rodal que permitan realizar estimaciones de uso del agua a nivel agregado.

## Material y métodos

Los estudios se llevaron a cabo en un ensayo de materiales genéticos y plantaciones comerciales de pino taeda de la zona noroeste de la provincia de Misiones distribuidas en sitios de distinta productividad. La tasa de consumo de agua a nivel de árbol se estimó mediante la técnica de disipación de calor (Granier 1985), técnica con la que se cuenta con experiencia de su utilización en coníferas (Gyenge et al. 2003 y Licata et al. 2008) y en particular, en plantaciones de *P. taeda* en el marco de la tesis de A. Keller (Fotografía 1) y del PIA 10033 “Consumo y eficiencia en el uso del agua en plantaciones de *Pinus taeda* en la zona noroeste de la provincia de Misiones, Argentina”. Se seleccionaron lotes de diferentes edades y manejos silvícolas, abarcando lotes con manejos con destino aserrable (ftal), silvopastoriles (ssp) y una cortina de 5 filas (cort), la cantidad de árboles medidos varió entre 7 y 15 (dependiendo en parte de la densidad de la plantación), abarcando desde los más pequeños hasta los más grandes encontrados en un radio máximo recomendado para el sistema de medición utilizado.

Además del consumo de agua se midieron los diámetros y alturas de los árboles presentes en las parcelas y se realizaron estimaciones de variables de estado de rodal. El consumo de agua a nivel de rodal se estimó a partir del consumo promedio por árbol y la cantidad de árboles por hectárea. Las mediciones se concentraron (en la mayoría de los casos) en los meses de primavera y verano, períodos en general de mayor actividad fisiológica y en donde se verifican los mayores crecimientos de las plantas. En el presente trabajo se presenta la información obtenida hasta el momento, siendo preliminar ya que el proyecto que dio origen a los mismos continúa hasta el 2015.

### Resultados y discusión

Hasta la fecha se han caracterizado ocho rodales, cinco de los cuales responden a manejos forestales tradicionales (ftal), dos a sistemas silvopastoriles (ssp) y uno a cortina (cort) (**Tabla1**). La densidad de individuos es menor a 300 árboles/ha en el caso de los silvopastoriles, menor a 1100 para los manejos tradicionales y mayores a 1100 árboles / ha para la cortina forestal. En la **Figura 1** se muestran fotografías tomadas en algunos de estos rodales, mientras que en la **Tabla 1** se describen las características de cada rodal. La mitad de los rodales analizados poseen materiales genéticos provenientes de áreas productoras de semillas (APS) mientras que los demás son de huertos semilleros (HS).

**Figura 1: Fotografías de algunos de los lotes medidos: A) Forestal tradicional de 5 años, B) Forestal tradicional de 10 años, C) Silvopastoril de 5 años, D) Silvopastoril de 13 años y E) Cortina de 10 años.**  
**Figure 1: Photos of same measured plots. A) and B) forest of 5 and 10 years old, respectively, under traditional management, C) silvopastoral systems of 5 and 13 years old, respectively and E) wind-breaks with pines of 10 years old.**



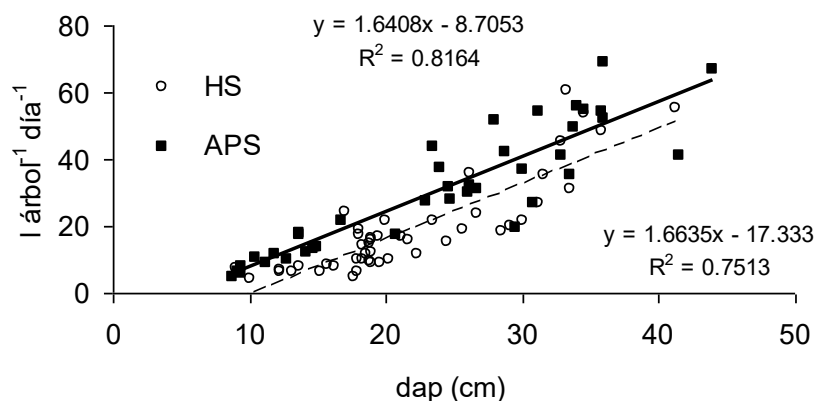


**Tabla 1: Características de los rodales medidos.**  
**Table 1: Characteristics of measured plots.**

Manejo	FS	C	Edad (años)	N (árboles ha <sup>-1</sup> )	Dap (cm)	H (m)	Hbcv (m)	AB (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	VT (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Ftal	APS	F5	5	864	12,1	7,2	2	7,4	37,8
Ftal	HS	F5I	5	1086	15,8	8,2	2,3	20,2	88,6
Ftal	APS	F8	8	756	24	17,3	8,96	32,8	280,4
Ftal	APS	F12	12	375	30,1	18,4	9	25,6	232,6
Ftal	APS	F15	15	444	33,6	19	9,2	39,3	354,6
Ssp	HS	S5	5	283	18,7	10,8	6	7,8	40,5
Ssp	HS	S13	13	145	34,3	17,7	7,7	13,4	111,7
Cort	HS	C10	10	1702	23	16,1	6,05	71	538,1

Donde: FS: fuente semillera, C: código, N: densidad de árboles (árboles/ha), H: altura total (m), Hbcv: altura de la base de copa viva (m), AB: área basal, VT: volumen total.

El consumo de agua de los individuos estuvo estrechamente relacionado con su tamaño, consumiendo un total de entre 5 y 60 litros de agua por día los individuos con un dap de alrededor de 10 y 40 cm, respectivamente (**Figura 2**). Sin embargo, es importante resaltar que, en términos generales, ante tamaños similares, los individuos con un menor grado de mejora (APS) muestran mayores valores de consumo de agua (**Figura 2**).

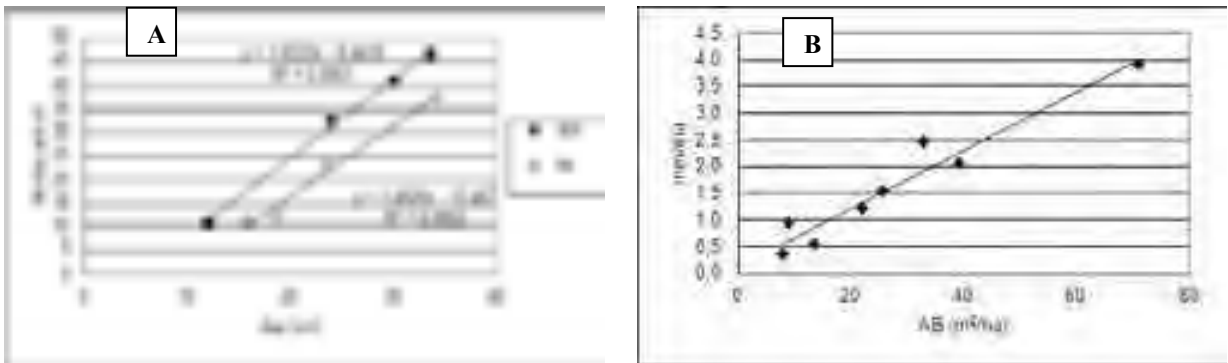


**Figura 2: Relación entre el consumo de agua de árboles de *P. taeda* (litros día<sup>-1</sup>) con su diámetro a la altura del pecho (dap, cm).**

**Figure 2: Relationship between water use of *Pinus taeda* (liters day<sup>-1</sup>) trees with diameter at breast height (dbh, cm).**

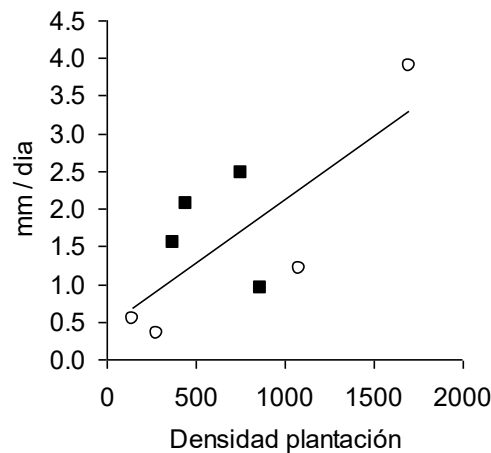


En cuanto al uso del agua a nivel de rodal, existe una importante relación entre el consumo de agua de la parcela y su dap promedio, estimándose un consumo de 10 litros por árbol día<sup>-1</sup> para parcelas con un dap de hasta 20cm, hasta unos 50 litros por árbol día<sup>-1</sup> para parcelas con un dap de 35cm (**Figura 3A**). Estas mismas similitudes entre entidades genéticas se observa cuando se comparan los consumos promedio de las parcelas (mm/día) y su área basal (AB; **Figura 3B**). Así, las presuntas diferencias en el consumo de los rodales teniendo en cuenta la entidad genética mencionadas por Gyenge y Keller (2013) parecen no ser tan fuertes como a escala de individuo. De manera lógica, la forestación con mayor cantidad de individuos hará un mayor uso del agua que las más ralas, observándose un valor máximo de 4 mm día<sup>-1</sup> (**Figura 4**). Como valor comparativo se estimó un uso de agua máximo de 3 mm día<sup>-1</sup> en *P. taeda* de aproximadamente 33cm de dap en una plantación de 3x3m (Ford et al. 2005).



**Figura 3:** A) Relación entre el consumo de agua por árbol de *P.taeda* (litros) y el diámetro a la altura del pecho promedio de la parcela (dap, cm), según fuente semillera y B) transpiración del componente arbóreo de los rodales (mm día<sup>-1</sup>) en relación al área basal de cada parcela (AB, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>).

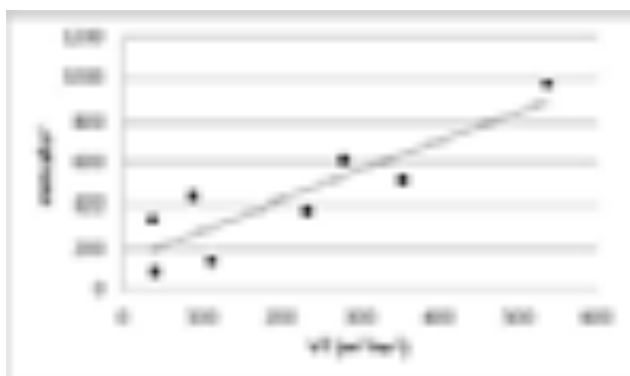
**Figure 3:** A) Relationship between water use per tree (liters) and average diameter at breast height (dbh, cm) by genetic material and B) transpiration of the tree component of the stands (mm day<sup>-1</sup>) compared to the basal area of each plot (BA, m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>).



**Figura 4:** Relación entre el uso del agua de rodales de *P. taeda* y la densidad del rodal.

**Figure 4:** Relationship between water use of stands and stand density

En la **Figura 5** puede observarse la relación que existe entre el consumo de agua y el volumen total de fustes por hectárea, pero cuando se analiza la relación existente entre estas variables se puede observar que hay una tendencia muy clara a que los rodales con mayor diámetro promedio presentan los valores más bajos (**Figura 6**). Ello indicaría que la cantidad de agua consumida por unidad de volumen en pie sería menor a medida que el diámetro medio del rodal aumenta, mostrando una fuerte caída con el tamaño del árbol promedio hasta un diámetro de unos 20 cm, valor a partir del cual se tornaría mas o menos constante esa relación, continuando entonces el consumo de agua de la plantación a una tasa de unos 1,5-2 mm por metro cúbico acumulado de madera producida. Su relación con el manejo de la plantación no es aún muy clara y hay que ampliar el muestreo para poder evaluarlo.



**Figura 5: Relación entre consumo de agua y volumen total.**  
**Figure 5: Water use and total volume relation.**



**Figura 6: Relación entre el cociente del consumo anual de agua estimado de cada rodal y su volumen de madera, en relación al diámetro promedio del rodal.**  
**Figure 6: Relationship between the ratio of the estimated annual water consumption of each stand and timber volume, relative to the average diameter of the stand.**

Esta tendencia podría deberse a que en plantaciones más jóvenes y menos densas, los árboles están expuestos a condiciones ambientales que le generan una mayor demanda agua, además de que durante los primeros 5 a 7 años de la plantación, según Fernández E. 2011, es cuando pino taeda en esta región presenta el mayor área foliar, disminuyendo luego para estabilizarse a partir del año 10 aproximadamente.

En cuanto al efecto del manejo silvícola, en la **Figura 7** puede observarse que a nivel agregado las parcelas medidas con sistemas silvopastoriles han presentado los menores valores de consumo de agua, seguido por los sistemas forestales tradicionales y la cortina de alta densidad, aunque a nivel individual no pareciera haber diferencias en el consumo diario de agua entre los manejos silvícolas, en relación al diámetro de los árboles, salvo la tendencia generada producto del material genético. En este sentido, a efectos de estimar el consumo de agua de las cortinas forestales en relación con su verdadera ocupación del terreno, habría que tomar el consumo de agua promedio en función del diámetro del árbol y multiplicarlo por la cantidad total de árboles presentes por hectárea.



**Figura 7: Consumo de agua según manejo silvícola en relación al volumen total de fustes.**  
**Figure 7: Water use by forest management compared to total volume.**

## Conclusiones

Los sistemas silvopastoriles presentaron los menores valores de consumo de agua a nivel agregado, seguido por los forestales tradicionales y la cortina de alta densidad.

El consumo de agua de las cortinas forestales, al igual que en los demás manejos silvícolas, va a depender de su densidad de plantación, ocupación efectiva del terreno y del consumo promedio por árbol en relación a su diámetro.

El consumo de agua de plantaciones de pino taeda en la zona de estudio, según los datos obtenidos, no arrojó valores alarmantes en relación con las precipitaciones medias para la zona (1800 mm/año).

Cuando se tengan valores de épocas del año de menor demanda atmosférica (otoño-invierno) y ponderando también con los días de lluvia (que también suelen tener menor demanda atmosférica), los valores anuales estimados deberían bajar, tornando la situación aún más favorable.

Los materiales genéticos con mayor grado de mejora muestran una tendencia a tener un menor consumo de agua y una mayor eficiencia en el uso del agua.

Se deben continuar con las mediciones para diferentes épocas de año, edades y manejos forestales a efectos de reforzar la base de datos y lograr relaciones fuertes entre el consumo de agua, el manejo de la plantación y las variables climáticas de la zona para poder realizar buenas predicciones y planificación del uso del suelo.

## Agradecimientos

Se agradece a la UCAR por el financiamiento del PIA 10033 “Consumo y eficiencia en el uso del agua en plantaciones de *Pinus taeda* en la zona noroeste de la provincia de Misiones, Argentina”, en cuyo marco se ha realizado parte importante de las mediciones y a los propietarios de las plantaciones dentro de las cuales se realizaron las mediciones de flujo de savia y crecimiento: Eldor Hut, Grupo de Mejoramiento Genético Forestal INTA EEA Montecarlo, Cristian Keller, Claudio Handte, Eduardo De Coulon y Empresa Puerto Laharrague S.A.

## Bibliografía

- Cristiano, P.M, Rodríguez, S.A, Campanello, P.I, Di Francescantonio, D, Kostlin, M, Trentini, C, Scholz, F.G, Lezcano, O, Madanes, N, Oliva Carrasco L, Bucci, S.J, Goldstein, G. 2013. Consumo de agua del bosque subtropical semidecidual y de plantaciones forestales en el norte de Misiones: un estudio comparativo a diferentes escalas. 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú 2013, 11pp.
- Dicus, C. and Dean, T. 2002. Nitrogen and phosphorus use efficiency in stands of loblolly and slash pine. Outcalt, Kenneth W., ed. 2002. Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station pp 38-41.
- Fernández Tschieder, E. 2011. Por qué cae la productividad de los rodales forestales? : influencia de la dominancia de crecimiento del rodal y la eficiencia de crecimiento individual. Tesis de Maestría
- Ford C.R., Goranson C.E., Mitchell R.J., Will R.E., Teskey R.O.. 2005. Modeling canopy transpiration using time series analysis: A case study illustrating the effect of soil moisture deficit on *Pinus taeda*. *Agricultural and Forest Meteorology* 130 :163–175.
- Granier A. 1985. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Ann Sci For* 42:193-200.
- Gyenge J. E; Fernández M. E; Schlichter T. 2003. Water relations of ponderosa pines in Patagonia Argentina: implications for local water resources and individual growth. *Trees*. Springer-Verlag, 16pp.
- Gyenge, J.E.; Fernández, M.E, Licata J, Weigandt M, Bond B & Schlichter T. 2011. Uso del agua y productividad de los bosques nativos e implantados en el N.O. de la Patagonia: aproximaciones desde la ecología y la ecofisiología. *Ecología Austral* (Número especial: Ecofisiología de especies leñosas) 21: 271-284.
- Gyenge, J.E y Keller, A.E. 2013. Informe de avance PIA 10033 “Consumo y eficiencia en el uso del agua en plantaciones de *Pinus taeda* en la zona noroeste de la provincia de Misiones, Argentina”, Buenos Aires, 27-29 de Junio 2013.
- Keller A.E. & Gyenge J. 2010. Eficiencia en el uso del agua, nitrógeno y fósforo en plantas juveniles de *Pinus taeda* L. implantadas en la provincia de Misiones, Argentina. XXVIII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal, 26 al 29 de septiembre, La Plata, Buenos Aires, pág. 113.
- Knapp, A.K; Beier, C; Briske D; Classen, A.T; Luo Y; Reichstein M; Smith, M.D; Smith, S; Bell, J; Fay, P; Heisler, J; Leavitt, S; Sherr R; Smith, B. And Weng, E. 2008. Consequences of more extreme precipitation regimes for terrestrial ecosystems. October 2008 / Vol. 58 No. 9 • *BioScience* 811.
- Licata, J; Gyenge J.E, Fernandez M.E, Schlichter T.M. & Bond B.J. 2008. Increased water use by Ponderosa pine plantations in northwestern Patagonia, Argentina compared with native vegetation. *Forest Ecology and Management* 255: 753-764 (aceptado en 2007)
- Martin T. A; Dougherty, P.M; Mckeand S.E. 2005. Strategies and Case Studies for Incorporating Ecophysiology into Southern Pine Tree Improvement Programs. *SJAF* 29(2) 2005.
- Stape, J. L., Binkley, D. and Ryan M. 2004. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management*, Volume 193, Issues 1-2, 17 May 2004, Pages 17-31
- Teskey R.O; Bongarten B.C; Cregg B.M; Dougherty P.M. and Hennessey T.C. 1987. Physiology and genetics of tree growth response to moisture and temperature stress: an examination of the characteristics of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Tree Physiology* 3,41-61 (1987).

**EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE UN EQUIPO DE PRODUCCION  
DE BIOMASA FORESTAL A PARTIR DE RESIDUOS POST COSECHA**

**Gielhard, O<sup>1</sup>; Mendoza Padilla M<sup>2</sup> Bonkiewicz, S.<sup>3</sup>; Maestropaolo, J<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal. Jefe Abastecimiento Alto Paraná S.A. Centro Forestal Predio Y Pora. Ruta Nacional 12 Km 1595, Misiones, Argentina. [ogielhard@altoparana.com](mailto:ogielhard@altoparana.com)

<sup>2</sup>Ingeniero Forestal. Jefe Unidad Abastecimiento Alto Paraná S.A. Centro Forestal Predio Y Pora. Ruta Nacional 12 Km 1595, Misiones, Argentina.

<sup>3</sup>Ingeniero Forestal. Jefe Unidad Abastecimiento y Ventas Alto Paraná S.A. Centro Forestal Predio Y Pora. Ruta Nacional 12 Km 1595, Misiones, Argentina. [sbonkiewicz@altoparana.com](mailto:sbonkiewicz@altoparana.com)

<sup>4</sup>Subgerente Producción Forestal, Alto Paraná S.A. Centro Forestal Predio Y Pora. Ruta Nacional 12 Km 1595, Misiones, Argentina. [jmaestropaolo@altoparana.com](mailto:jmaestropaolo@altoparana.com)

**Resumen**

El aumento en la demanda de biomasa tanto para la generación de energía como para los distintos procesos de secado, además de una conciencia ambiental que espera disminuir el uso de combustibles fósiles, da como resultado el avance continuo sobre nuevas tecnologías, inversiones y estudios para la producción de este material.

El presente estudio se llevó a cabo para evaluarla productividad de un equipo de producción de biomasa a partir de residuos post cosecha en un predio de la empresa Alto Parana S.A.

La evaluación de productividad se realizó llevando a cabo la toma de tiempo en distintas fases de la producción de biomasa, donde se separaron el estudio para el acopio de residuos y para el triturado de los residuos.

La productividad real total esperable de este equipo es de 62,1 ton/h, con un 76,4% de disponibilidad de la máquina principal.

**Palabras Claves:** biomasa, forestal, triturador, acopio, productividad, Alto Parana SA.

## **Summary**

The increasing demand on biomass, for energy generation and also at different wood dryer process; in addition to an established environmental awareness in search of decrease fossil fuel uses; results on a continuous advance in new technologies, investments and studies that develop the production of this kind of fuel.

The objective of the study was to evaluate the productivity of a biomass processing equipment, chipping post-harvest residuals in Alto Parana S.A stands.

Productivity based on time-lapses, taken in different stages of the process, was basically separated on residual stacking and chipping stage.

The real productivity of the studied equipment is meant to be 62.1 tons/hour, with a 76.4% of effective use.

**Key words:** biomass, productivity, Alto Parana S.A.

## **Introducción**

El interés en el mundo por la biomasa para fines de generación energética hace que la demanda de este producto sea cada vez mayor, como resultado de la problemática del cambio climático global, políticas de estado, reconversión de las industrias en el producto utilizado para abastecerse de energía y legislación que favorece el uso de biomasa. Esta circunstancia ha motivado que a los criterios tradicionales de gestión energética, basados en lograr mayor competitividad de costos y seguridad de suministro posibles, se hayan añadido otros tendientes a lograr una mayor protección del medio ambiente, a través de una política que incluye el desarrollo de energías de carácter renovable entre las que se encuentra la biomasa (Sanz Infante et al, 2003).

La Argentina no ha quedado afuera del crecimiento en la demanda de este tipo de producto así como la región, donde además del fin energético se suma el objetivo de incorporar el uso de biomasa para los procesos de secado en las industrias de Té y Yerba. Estos actores muestran un fuerte incremento como nuevos clientes de la biomasa industrial primaria, la cual tiene el origen en las industrias forestales. Según un relevamiento realizado en 2009, la disponibilidad de biomasa de origen industrial en la región de Misiones y norte de Corrientes es de 820.890 ton/año.

El aumento en la demanda, el poco crecimiento de la oferta, la disponibilidad de recursos naturales implantados, el ahorro en la preparación de terreno, la disminución en el riesgo de fuego y el impacto ambiental positivo por el remplazo de combustible fósil dieron como resultado el avance en la utilización de la biomasa forestal primaria. Es la misma que, proveniente de los residuos de la cosecha, ha tomado un papel cada vez más protagónico y que exige fuertes avances e inversión en la tecnología utilizada para la producción de este combustible, su transporte y consumo.

Existen en Misiones experiencias del aprovechamiento de este material, probado como combustible apto para la cogeneración de energía y vapor (Maestro Paolo J., Gielhard O. et al, 2012).

Se estima que se generan anualmente, a partir de la corta final de bosques implantados, unas 264.000 ton/año de biomasa, sin aprovechamiento industrial.

### **Materiales y métodos**

La producción de biomasa a partir de residuos forestales significa el procesamiento de ramas, acículas, secciones de fuste no comerciales, que quedan dispuestas a borde del camino en el campo luego de la cosecha. La metodología de cosecha utilizada es la conocida como “*full tree*” o de árbol entero. De esta manera el árbol es volteado con un *feller buncher*, extraído con un *skidder* y elaborado con un *harvester* que desrama, troza y clasifica. Así, se disponen los residuos a borde de camino para un remanejo más sencillo, económico y eficiente. Las ramas y copas remanentes se disponen en pilas, formando una línea paralela al camino, a no más de 10 metros de éste. Alto Paraná S.A. realiza el 85% de sus cosechas con esta metodología.

El presente estudio se llevó a cabo en un predio de la empresa Alto Paraná S.A. denominado San Estanislao Tramo III, ubicado en municipio de El Alcazar, a 18 km hacia el este de la ruta nacional N° 12.

El proceso de producción de biomasa se lleva a cabo en 3 etapas, que son:

- el acopio de los residuos post cosecha, donde se juntan en pilas los residuos que se encuentran a borde de camino (y eventualmente en el interior del campo) formando parvas,
- La carga del material apilado en parvas sobre la mesa de alimentación de la astilladora.

- El astillado (triturado o “chipeado”) del material biomásico, que será dispuesto directamente sobre un camión adaptado a tal fin. Es de mencionar que de no haber camiones disponibles en el campo, el proceso de astillado se detiene.

Esta operación solamente tritura material cuando tiene un camión donde alojar el producto, debido a que se ha determinado que, si este material se descarga en el piso y luego se carga sobre camión, se arrastran contaminantes que provocan problemas importantes en las plantas térmicas.

Los camiones utilizados poseen una capacidad de carga de entre 85 y 90 m<sup>3</sup>. Algunos de ellos están provistos con tecnología que hace que los semirremolques sean autodescargables; esto optimiza la productividad del ciclo de transporte por la velocidad y sencillez en la descarga.

Para la determinación de la productividad se midieron en forma separada los equipos de acopio y astillado.

Para la evaluación de la productividad real en el acopio se analizaron dos configuraciones de máquinas:

- Equipo 1 de acopio, formado por dos cargadoras frontales, la primera marca CATERPILLAR 924H con una potencia motor de 80HP y la segunda de marca XMG ZL 30 con 90HP, ambas con garras modificadas para que puedan ser más eficientes en el acopio;
- Equipo de acopio 2, formado por una cargadora frontal marca XMG ZL 30 con 90HP y un *skidder* Caterpillar 525.

La toma de tiempo se realizó en la formación de parvas. El peso de cada parva se midió luego que cada una de ellas fuera astillada y transportada. Las balanzas utilizadas fueron las de las industrias de Alto Paraná S.A.

Por último la productividad de la trituradora móvil a martillo marca PETERSON PACIFIC 4710 B provista de un motor a combustión de 765 HP autopropulsada se llevó a cabo tomando el tiempo en el que se procesó el material acopiado en camiones “chiperos” y posteriormente pesados en las mismas industrias. De esta manera se obtuvo la productividad (ton/h) de cada máquina y del equipo.



## Resultados

Los resultados del estudio de productividad se expresan a continuación:

**Tabla1:** Productividad real del equipo 1 de acopio.

**Table 1:** Real productivity of stacking equipment #1.

	Tiempo de acopio (hs)	Toneladas	Productividad (tn/hs)
Parva 1	2	65,3	32,7
parva 2	2	66,6	33,3
Parva 3	2	65,8	32,9
Parva 4	3	98,2	32,7
Parva 5	3	98,4	32,8
Parva 6	3	99,7	33,2
Parva 7	3	97,7	32,6
Parva 8	1	33,9	33,9
Parva 9	3	100,5	33,5
Parva 10	3	97,2	32,4
Parva 11	2	67,7	33,9
Total	27	891,0	33,0

Se midió la productividad real del acopio del equipo 1 (dos cargadoras frontales) formándose 11 parvas que significaron 3 días de trabajo con turnos de 9 h cada día. Las máquinas recogieron los residuos que se disponían a borde de camino y realizaron parvas de 65-100 ton de residuos, donde se tomó el tiempo en que se demoraba en realizar cada parva para luego triturarlas sobre camión y determinar el peso de cada una. De esta manera se obtuvo la productividad real (medida en ton/h), observando una magnitud promedio de 32,8 ton/h.

**Tabla 2:** Productividad real del acopio con una cargadora frontal y un *skidder*.

**Table 2:** Real stacking productivity using front loader and skidder.

	Tiempo de acopio (hs)	Toneladas	Productividad (tn/hs)
Parva 1	2	95,4	47,7
parva 2	2	90,3	45,2
Parva 3	2	85,8	42,9
Parva 4	3	150,7	50,2
Parva 5	3	138,2	46,1
Parva 6	3	133,8	44,6
Parva 7	3	138,5	46,2
Parva 8	1	50,5	50,5
Parva 9	3	139,8	46,6
Parva 10	3	137,2	45,7
Parva 11	2	100,8	50,4
Total	27	1261,0	46,7

La medición de la productividad real del equipo 2 de acopio formada por una máquina frontal y un skidder se realizó con el acopio de 11 parvas en 3 días con 9hs de trabajo por día, fueron tomados los tiempos en que las máquinas formaron las parvas y posteriormente se tomó el peso de cada parva luego de procesar los residuos sobre camión. Se puede observar que la productividad real para este caso es de 46,7ton/hs.

**Imagen 1:** residuos de cosecha acopiados en parvas.

**Picture 1:** post-harvest residuals piles.



**Imagen 2:** máquina frontal acopiando residuos de cosecha.

**Picture 2:** Front loader stacking post-harvest residuals.



**Imagen 3:** skidder en busca de residuos de cosecha para el acopio.  
**Picture 3:** Skkider in search of residuals.



**Tabla 3:** Productividad efectiva (ton/h) de la trituradora Peterson Pacific 4710B.  
**Table 3:** Effective productivity (tons/hour) of Peterson Pacific 4710B chipper.

Camión n°	Tiempo de carga (min)	Peso (ton)	Productividad (ton/h)
1	19	23,1	72,9
2	22	26,7	72,9
3	19	27,9	88,2
4	23	30,4	79,2
5	18	28,6	95,3
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>136,7</b>	<b>81,2</b>

El análisis de la productividad efectiva de la trituradora se realizó tomando el tiempo de astillado y carga de 5 camiones “chiperos”, los cuales luego fueron pesados. El valor así obtenido arrojó un promedio de 81,2ton/h.

La disponibilidad de este equipo arrojó un valor del 76,4%, influenciado fundamentalmente por la necesaria presencia de camiones para ser cargados mientras se realiza el proceso de triturado.

Así, la productividad efectiva relacionada con la disponibilidad, nos da una productividad real de 62,1 ton/h.

**Imagen 4:** Trituradora Peterson Pacific 4710B siendo alimentada.  
**Picture 4:** Peterson Pacific 4710B at working set.



**Imagen 5:** biomasa procesada directamente sobre camión.  
**Picture 5:** Processed biomass been directly loaded on truck.



## **Conclusiones**

-La productividad del equipo 2 de acopio fue un 41,7% superior al equipo 1. Esto se debe a la mayor capacidad de transporte de un *skidder* frente a una máquina frontal como a la velocidad de traslado dentro del lote. La ventaja del uso de *skidders* frente a los otros equipos son su robustez (máquinas preparadas para el uso en condiciones extremas) y el uso que también puede dársele para otras operaciones forestales. En contra tiene el mayor costo de adquisición.

-La productividad por tiempo real de la trituradora es de 62,1 ton/h, es decir un 88% superior al equipo de acopio 1 y un 32,9% al equipo de acopio 2. Está claro que deben intentar igualarse la productividad de las faenas de acopio y triturado, a fin de optimizar la operación. Deberá evaluarse trabajar con más de dos *skidders* a este fin.

-Un factor clave en el aprovechamiento óptimo de las posibilidades de la trituradora es la presencia constante de camiones, de manera de evitar tiempos muertos por falta de los mismos, evitando a la vez la aglomeración efectiva. Esto tiene una correlación necesaria con la inversión en caminos, a fin de no cortar la cadena de transporte por inclemencias climáticas.

## **Agradecimientos**

A la empresa Alto Parana S.A. por el apoyo constante en el desarrollo de este proyecto.

Al señor José Verá y a la empresa Forestal Garuhapé S.R.L. por la confianza volcada en nosotros para poder llevar a cabo y echar a andar a este proyecto.

## **Bibliografía consultada**

Sanz Infante, F; Piñeiro Veiras, G., 2003. Aprovechamiento de la Biomasa Forestal producida por la Cadena Monte-Industria. Parte I: Situación Actual y Evaluación de Sistemas de Tratamiento. Area de Innovación y Tecnología del CIS-Madera. Galicia, España. Proyecto realizado por CIS-Madera en colaboración con las universidades de Santiago y Vigo.

Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Energía, PERMER, 2007. Estudio de evaluación de los recursos de biomasa en las provincias de Misiones y Corrientes. Localización y estudio de factibilidad de la instalación de un proyecto de generación. Informe final.

Maestro Paolo, J; Gielhard, O; Bonkievicz, S. 2012. Aprovecho de residuos de cosecha para la producción de energía.

**TOLERANCIA A LA DESECACION DE SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS, PARA EL ALMACENAMIENTO**

**DESSICATION TOLERANCE OF NATIVE TREE SEEDS FOR STORAGE**

**Eibl Beatriz<sup>1</sup>; González C<sup>1</sup>; Otegui M<sup>2</sup>; Dreyer N<sup>1</sup>; Weinberger V<sup>1</sup>; Baron C<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoní 124. Eldorado.Misiones. [beibl@facfor.unam.edu.ar](mailto:beibl@facfor.unam.edu.ar)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. UNaM. Posadas. Misiones.

**Resumen**

*La conservación ex situ de las especies que componen la flora nativa de la Selva Misionera puede ser llevada a cabo a través del almacenamiento en un Banco de Semillas. El objetivo de este trabajo fue determinar la tolerancia a la desecación de semillas para un grupo de especies nativas de interés económico. A partir de la viabilidad y el contenido de humedad inicial fueron secadas a 10-12 % y 5 %. Semillas que toleraron esta última desecación, fueron almacenadas herméticamente a -20 °C durante 3 meses. Los resultados indicaron que las semillas de *Parapiptadenia rígida* (Anchico colorado), *Anadenanthera colubrina* (Curupay), *Aspidosperma polyneuron* (Palo rosa), *Astronium balansae* (Urunday), *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho negro), *Cordia trichotoma* (Peteribi), *Cedrela fissilis* (Cedro) y *Machaerium paraguariense* (Isapuy), presentaron comportamiento ortodoxo en el almacenamiento, la conservación a mediano y largo plazo en Bancos de semillas es una alternativa válida en estas especies.*

**Palabras claves:** Conservación ex situ, calidad fisiológica, viabilidad

**Summary**

The ex situ conservation of native species that compose the flora of the Atlantic forest can be carried out through its seed storage in seed banks. The objective of this study was to determine the desiccation tolerance of seeds for a group of native species of economic interest. It was determined the viability of seeds at the initial moisture content and then dried to 10-12% and 5%. The seeds that tolerated this last drying, are stored at - 20 ° C for 3 months and determined its viability. The results indicated that seed of: *Parapiptadenia rígida* (Anchico colorado), *Anadenanthera colubrina* (Curupay), *Aspidosperma polyneuron* (Palo rosa), *Astronium balansae* (Urunday), *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho negro), *Cordia trichotoma* (Peteribi), *Cedrela fissilis* (Cedro) and *Machaerium paraguariense* (Isapuy), have a Orthodox behavior in storage, therefore the conservation in the medium and long term in seed banks is presented as a valid alternative for these species.

**Key words:** ex situ conservation, physiological quality, viability

## Introducción

La conservación *ex situ* de los árboles nativos de la Selva Paranaense (Selva Misionera) puede ser llevada a cabo a través del almacenamiento de sus semillas en un Banco de Semillas; para lo que se requiere contar con información de las especies a conservar. A pesar de su importancia, la investigación sobre el potencial de almacenamiento de semillas de nuestras especies nativas aún es escasa.

La clasificación de las especies según su comportamiento en el almacenamiento es una etapa esencial para diseñar un método apropiado para la conservación Hong et al. (1996). Según Roberts et al. (1973), las semillas pueden clasificarse en ortodoxas y recalcitrantes. Las semillas ortodoxas pueden ser secadas a contenidos de humedad bajos, y logran así soportar bajas temperaturas en el almacenamiento prolongando su viabilidad por mucho tiempo. Por lo contrario, las semillas recalcitrantes son sensibles a la desecación por debajo de 12-30 % de humedad, estas pierden rápidamente la viabilidad en cualquier condición de almacenamiento. Adicionalmente se agregó una clase de comportamiento intermedio, en el que las semillas son más tolerantes al secado que las recalcitrantes pero en general pierden la viabilidad a temperaturas bajas Ellis y Hong (1990).

En general la bibliografía cita que el período en que las semillas de estas especies se mantienen poco tiempo viables luego de la cosecha, lo que dificulta su utilización comercial. Para el caso particular del *Parapiptadenia rígida* para Marchetti y Figliola *et al.* en Carvalho (1994), la pérdida de viabilidad ocurre en 60 a 120 días cuando son almacenadas en ambientes no controlados. Según Zanon y Ramos (1984), las semillas de esta especie son de longevidad corta por lo que la recomendación es que se deben sembrar luego de la cosecha. La facultad germinativa según Carvalho (1994), es muy variable con grandes diferencias entre años de cosecha y entre árboles (15 - 96 %). No se registran antecedentes sobre la tolerancia de las semillas de esta especie al secado y al frío. Para *Astronium urundeuva*, especie afín al *A. balansae*, se avanzó con investigaciones para su conservación, Salomao *et al.* (2003).

El objetivo de este trabajo fue determinar la tolerancia a la desecación para las semillas de: *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan (Anchico colorado), *Anadenanthera colubrina* var. *Cebil* (Griseb.) Altschul (Curupay), *Aspidosperma polyneuron* Müll (Palo rosa), *Astronium balansae* Engl. (Urunday), *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (*Lapacho negro*) y *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud (Peteribi), *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro) y *Machaerium paraguariense* Hassl. (Isapuy), que representan un grupo de especies nativas de interés económico y productivo, originarias de la Selva Misionera.

## Material y Métodos

Las semillas utilizadas en el presente trabajo se obtuvieron a partir de la cosecha de frutos maduros de árboles semilleros identificados en la provincia de Misiones.

A los fines de obtener semillas de elevada calidad fisiológica se realizaron las cosechas en los momentos de plenitud de dispersión para cada especie, momento en el cual las semillas en general presentan el mayor peso seco (Eibl et al. 2011).

Se realizó la separación manual de las semillas del fruto, inmediatamente luego de la cosecha. Posteriormente se efectuó análisis de pureza de semillas. Una vez limpiadas las semillas, se separaron del lote dos muestras para la determinación del contenido de humedad y de viabilidad inicial.

Con la finalidad de determinar la tolerancia a la desecación de las semillas, se aplicó el protocolo de Hong y Ellis (1996), en semillas de Anchico colorado, Curupay, Palo rosa, Urunday, Lapacho negro Peteribi, Cedro e Isapuy. El procedimiento consiste en una serie de pasos para clasificar a las semillas según su capacidad de almacenamiento. Se determina la viabilidad de las semillas con el contenido de humedad inicial y luego secada a 10-12 % y 5 %. En el caso en que las semillas toleren esta última desecación, son almacenadas herméticamente a -20 °C durante 3 meses y se determina su viabilidad. Las semillas que llegan viables al final del protocolo son clasificadas como probables ortodoxas mientras que las que pierden la viabilidad en alguno de los pasos anteriores son clasificadas como probables recalcitrantes si mueren luego de disminuirles la humedad a 10-12 % y como probables intermedias si mueren cuando se les disminuye la humedad a 5 % o durante el almacenamiento en frío.

Para la determinación del contenido de humedad de las semillas, se utilizó el método de estufa a alta temperatura de  $130 \pm 2$  °C, ISTA (2003). Para disminuir el contenido de humedad de las semillas por debajo de los niveles de equilibrio con el ambiente, se utilizaron desecadores conteniendo sílica que fue sometida a secados periódicamente.

Todos los ensayos de germinación se realizaron en bandejas de siembra con arena esterilizada y 90 ml de agua destilada, se realizaron 4 repeticiones de 25 y 50 semillas según la disponibilidad de semillas. Dichas bandejas luego de la siembra se colocaron en una sala de germinación con temperatura constante de  $25 \text{ °C} \pm 1$  y 8 horas de luz. Se realizaron los conteos de las plántulas al momento de la emergencia de la mismas por sobre la arena, cada 7 días y luego se determinaron los porcentajes de plántulas normales, anormales, semillas frescas y muertas a los 28 días, para cada tratamiento, ISTA (2003).

## Resultados y discusión

En la **tabla 1** se presentan los resultados de la aplicación del protocolo de Hong y Ellis (1996) a lotes de semillas de las ocho especies consideradas.

El Anchico colorado tiene comportamiento probablemente ortodoxo, puesto que la viabilidad inicialmente fue de 100 % con un contenido de humedad de 17,5 % y luego del almacenamiento a -20 °C durante 3 meses, el porcentaje de germinación continuó siendo alto con un valor promedio de 98 %. Según estos resultados es probable que las semillas de esta especie puedan ser almacenadas por largos períodos de tiempo. Estos resultados contrastan con los reportados por Zanon y Ramos (1984), quienes afirman que las semillas de esta especie son de longevidad corta, posiblemente estos investigadores hagan referencia exclusivamente a semillas con altos contenidos de humedad y almacenadas en ambientes no controlados o en condiciones ambientales.

De la aplicación del protocolo de Hong y Ellis (1996), a las semillas de Curupay surge que tienen comportamiento probablemente ortodoxo, puesto que la viabilidad inicial del lote fue de 92 % con un contenido de humedad de 10,3 %. Luego del almacenamiento a -20 °C durante 3 meses como requiere dicho protocolo, el porcentaje de germinación fue de 92 %.

En cuanto a las semillas de Palo rosa utilizadas para este ensayo tenían inicialmente una viabilidad de 88 % con un contenido de humedad de 32 % y luego del almacenamiento a -20 °C durante 3 meses, el porcentaje de germinación fue de 84 %. Probablemente las semillas de esta especie también presenten comportamiento ortodoxo, estos resultados corroboran los hallados por Otegui (2009), respecto de la tolerancia al secado que presenta esta especie.



Los resultados de la aplicación del protocolo de Hong y Ellis (1996), para la determinación del tipo de semilla en cuanto a su tolerancia a la desecación, indican que la especie Urunday tiene comportamiento probablemente ortodoxo, puesto que la viabilidad inicial del lote fue de 56 % con un contenido de humedad de 15,3 %. Después del almacenamiento a -20 °C durante 3 meses, el porcentaje de germinación disminuyó apenas en 1 %. Según estos resultados es probable que las semillas de esta especie puedan ser almacenadas por largos períodos de tiempo, aunque es necesario chequear estos resultados con otros lotes, puesto que el porcentaje de germinación inicial del lote estudiado es considerado bajo. Resultados similares de tolerancia al secado y frío se encontraron para *A. urundeuva*, donde se recomienda como alternativa la de conservar las semillas en nitrógeno líquido, Salomao *et al.* (2003).

En semillas de Isapuy al bajar el porcentaje de humedad del 11 % al 5 % y luego almacenadas durante 3 meses a - 20 C° el porcentaje de germinación se mantuvo en un 96 %, por lo que dichas semillas también pueden ser consideradas de comportamiento ortodoxo.

Con respecto a la especie Cedro, las semillas utilizadas para la aplicación del protocolo de Hong y Ellis tenían inicialmente un porcentaje de germinación de 90 % y con porcentaje de humedad de 14 % y luego de bajar a 5 % el porcentaje de humedad la germinación continuó siendo alta (86 %), siguiendo con la aplicación del protocolo se almacenó por 3 meses en freezer a -20 °C y al cabo de dicho tiempo el porcentaje de germinación fue de 80 %, por lo tanto según estos resultados es probable que las semillas de esta especie presenten comportamiento ortodoxo en el almacenamiento.

Para la especie Lapacho negro se aplicó el protocolo de Hong y Ellis (1996) a 2 lotes de semillas, para ambos casos los resultados fueron similares por lo que las semillas de esta especie tienen comportamiento probablemente ortodoxo.

Las semillas de Peteribi utilizadas para este ensayo tenían inicialmente una viabilidad de 75 % con un contenido de humedad de 29 % y luego del almacenamiento a -20 °C durante 3 meses, el porcentaje de germinación fue de 72 %. Según estos resultados es probable que las semillas de esta especie presenten comportamiento ortodoxo.

**Tabla 1: Resultados de la aplicación del Protocolo de Hong y Ellis para los lotes de semillas de ocho especies nativas**

*Table 1: Results of the application of the Hong and Ellis Protocol, for seed lots of eight native species.*

<b>Especie</b>	<b>Lote de semillas</b>	<b>Porcentaje Humedad (%)</b>	<b>Porcentaje Germinación (%)</b>
Curupay	Lote 1	*10,3	92
		5	91
		5	**92
Palo rosa	Lote 1	*32	88
		5	86
		5	**84
Anchico colorado	Lote 1	*17,5	100
		12	99
		5	99
		5	**98
Urunday	Lote 1	*15,3	56
		12	52
		5	49
		5	**48
<i>Lapacho negro</i>	<i>Lote 1</i>	*11	73
		5	65
		5	**64
	<i>Lote 2</i>	*8	92
		5	90
		5	**86
Peteribi	Lote 1	*29	75
		12	74
		5	74
		5	**72
Cedro	Lote 1	*11,3	98
		5	92
		5	**91
Isapuy	Lote 1	*11	100
		5	96
		5	**96

\*Porcentaje de Humedad (%) inicial del lote (humedad de momento de cosecha)

\*\*Porcentaje Germinación (%) luego de 3 meses en freezer a -20 °C.

## Conclusiones

La potencialidad de germinación luego del desecado y almacenamiento de las semillas está directamente relacionado con el vigor al momento de la cosecha, esto tiene que ver con cosechar frutos en el momento de mayor calidad fisiológica. Este momento coincide para estas especies con el momento de dispersión natural.

Semillas de Anchico colorado, Curupay, Palo rosa, Lapacho negro, Cedro, Peteribi e Isapuy, cuando cosechadas en su momento de dispersión, presentan un elevado poder germinativo inicial que se ve reflejado en comportamiento ortodoxo en el almacenamiento. Su conservación a largo plazo en Bancos de semillas se presenta como una alternativa para la conservación y el uso productivo de estas especies.

## Recomendaciones

Es necesario corroborar los resultados de comportamiento de las semillas, en particular en las especies que inicialmente tenían una germinación baja como el Urunday, con lotes procedentes de otros años de cosecha.

## Bibliografía

- Carvalho P E R. 1994. Especies florestais brasileiras: Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. EMBRAPA-CNPQ. Paraná. Brasil. Pp 639.
- Eibl B, Gonzalez C, Otegui M. 2011. Protocolos tentativos para la propagación de 20 especies nativas de interés productivo de la selva misionera. *Revista Análisis de Semillas*. 5(4) 20:52-57
- Ellis, R.H. y Hong, T.D. 1990. An intermediate category of seeds storage behaviour. *Coffee. Journal of Experimental Botany* 41: 1167–1174.
- Hong T. D. y Ellis R. H. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. IPGRI Technical Bulletin N° 1.
- Hong T.D., Linington S. y Ellis R.H. 1996. Seed Storage Behaviour: A compendium. Handbooks for Genebanks: No 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- International Rules for Seed Testing. ISTA. 2003. The International Seed Testing Association. ISTA.. Bassersdorf. Switzerland.
- Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1:499–514.
- Salomao N. A.; Sousa-Silva J; Davide C.; Gonzales S.; Torres R.; Wetzel M.; Firetti f.; Caldas I. 2003. Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado. Rede de Sementes do Cerrado. ISBN 85-903923-1-7. Brasília. Pp. 96
- Zanon A. y Ramos A. 1984. Armazenamento de sementes de especies florestais. Anais do 1° Simposio Brasileiro sobre Tecnología de Sementes Florestais. Belo Horizonte, Brasil.

**DESINFECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO *INVITRO* DE SEMILLAS DE *BASTARDIOPSIS DENSIFLORA* (HOOK. & ARN.) HASSLER**

**SEEDS DISINFECTION AND ESTABLISHMENT *IN VITRO* OF *BASTARDIOPSIS DENSIFLORA* (HOOK. & ARN.) HASSLER**

Noguera, A. M. <sup>1</sup>; Martinez, M. E. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ms. Lic. en Genética, Profesor adjunto regular, Investigador, Laboratorio Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones. E-mail: [amnogue@arnet.com.ar](mailto:amnogue@arnet.com.ar)

<sup>2</sup> Ms. Ing. Ftal., Investigador, Laboratorio Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Forestales, UMaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. E-mail: [micaevelin@yahoo.com.ar](mailto:micaevelin@yahoo.com.ar)

**Resumen**

*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler (Loroblanco), es una especie arbórea nativa de rápido crecimiento, maderable, melífera y de uso múltiple, indicada para plantaciones en fajas de enriquecimiento en bosques degradados. El objetivo principal de este trabajo es, desarrollar un protocolo de desinfección y establecimiento *in vitro* de semillas de *Bastardiopsis densiflora* para su posterior multiplicación. Se trabajó con semillas proveniente de árboles de monte nativo de la zona de Aristóbulo del Valle (Prov. de Misiones). La cosecha se realizó directamente desde el árbol realizando la poda de ramas terminales con frutos. En la desinfección del material vegetal se evaluó: pretratamiento de semillas con y sin escarificación mecánica, sustancias desinfectantes y tiempos y concentraciones según cada tratamiento. El establecimiento de las semillas, se realizó en medio Murashige y Skoog (MS) 1962, luego fueron llevadas a cámara de cría y en oscuridad con condiciones controladas de temperatura. Se obtuvieron, en todos los tratamientos de desinfección, bajos o nulos porcentajes de contaminación de las semillas establecidas. El mayor porcentaje de germinación (91,58 %) se obtuvo al realizar una escarificación mecánica seguida de una desinfección simple.

**Palabras clave:** Cultivo *in vitro*,

**Summary**

*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler (Loro blanco), is a native tree species of fast-growing, timber, honey and multiple use, suitable for enrichment strips plantations in degraded forest. The main objective of this work is to develop a disinfection protocol and establishment of seeds the *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler (Loro blanco), for further multiplication. We worked with seeds from trees native forest area Aristobulo del Valle (Province of Misiones). Harvest was carried directly from the tree pruning terminal branches with fruits. In the disinfection of plant material were evaluated: pretreatments to seeds with and without mechanical scarification, with substances disinfectants and times and concentrations according to each treatment. The establishment of seed was performed Murashige and Skoog media (MS), 1962, then were taken to brood and dark with controlled temperature. Were obtained in all treatments disinfection low or zero rates of contamination of seed set. The highest germination percentage (91.58%) was obtained by performing a mechanical scarification followed by a simple disinfection.

**Key words:** *In vitro* culture, *Bastardiopsis densiflora*.

## Introducción

*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler (Loro blanco), es una especie arbórea nativa de rápido crecimiento, maderable, melífera y de uso múltiple. Presenta un típico crecimiento monopódico que es uno de los aspectos más importantes para lograr un fuste recto maderable. Su madera moderadamente dura y semi-pesada con una densidad media 0,6–0,7 g/cm<sup>3</sup>, presenta un veteado delicado, textura fina y grano derecho. Es fácil de trabajar, utilizada en la construcción y para la fabricación de muebles.

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

Con respecto a la importancia de la especie, una de las características es su alta calidad como recurso melífero. Miranda, D. *et al*. 2013, señalan que en el marco de API-MONDIA 2011 la miel de loro blanco (*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl.) fue galardonada por técnicos apícolas nacionales entre las 10 mejores del país (WWW.NEARURAL.COM). Estos logros hablan de la potencialidad de la región para producir mieles diferenciales por origen botánico-geográfico y que podrían ser catalogadas como “orgánicas” y/o “ecológicas”; sin embargo en Misiones según Miranda, D. *et al*. 2012, en las mieles se registran como recursos nectararios, otras especies vegetales con porcentajes mayores, entre el 68 % al 37 %, y solo un 21% de aparición de la especie *B. densiflora*. De acuerdo a distintas investigaciones realizadas en torno a la producción y calidad de las mieles se interpreta que, la baja presencia de *B. densiflora* en las mieles de la región puede deberse a la escases del recurso nectarario, a pesar de que es una de las especies más buscadas por los apicultores debido a la calidad de las mieles generadas.

En la apicultura además es de gran interés para los productores locales ya que provee de recursos a las abejas durante los meses de invierno, debido a su floración temprana y abundante, período en el cual hay escasas fuentes de alimento para la apicultura. Teniendo en cuenta que la provincia de Misiones posee una superficie de bosques degradados que requieren de su reestructuración y enriquecimiento y que la semilla de *B. densiflora* posee un poder germinativo bajo, de 20 a 40 %, según Eibl, *et al*. 2012b; la germinación, producción y desarrollo de plantines a través de la micropropagación, puede convertirse en una estrategia viable.

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

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

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

El objetivo principal es desarrollar un protocolo de desinfección y establecimiento de semillas de *B. densiflora* (Hook. & Arn.) Hassler (Loro blanco) para su posterior multiplicación con el objeto de obtener plantines.

## **Materiales y métodos**

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

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

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

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

**Variaciones de desinfección.** En algunos ensayos luego del procedimiento base de desinfección, se realizó una segunda desinfección con hipoclorito de sodio en una concentración de 0,5 % durante 5 min. y enjuague con agua destilada estéril tres veces. También se efectuó un pretratamiento mecánico a las semillas, para lo cual las mismas fueron escarificadas con papel lija de grano fino 240 durante 10 min.

**Tabla 1: Ensayos de desinfección en semillas de Loro blanco correspondientes al lote de cosecha A.**

**Table 1: Tests seeds disinfection of Loro blanco. Lot A.**

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

**Tabla 2. Ensayos de desinfección en semillas de Loro blanco correspondientes al lote de cosecha B.**

**Table 2. Tests seeds disinfection of Loro blanco. Lot B.**

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

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

#### **Establecimiento del material vegetal en el cultivo in vitro.**

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

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

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

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

### Resultados y discusión

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



Imagen 1. a Desinfección de semillas. b Establecimiento de semillas. c Semillas establecidas en MS.

En los ensayos de desinfección y establecimiento realizados para el lote de semillas A y tras efectuar los análisis estadísticos, se observó que, existen diferencias significativas entre los tratamientos. En lo que respecta a porcentaje de contaminación de los explantes, el porcentaje de hipoclorito de sodio explica las diferencias entre los tratamientos, mientras que una segunda desinfección y la interacción entre los factores evaluados no influyeron sobre la variable estudiada.

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

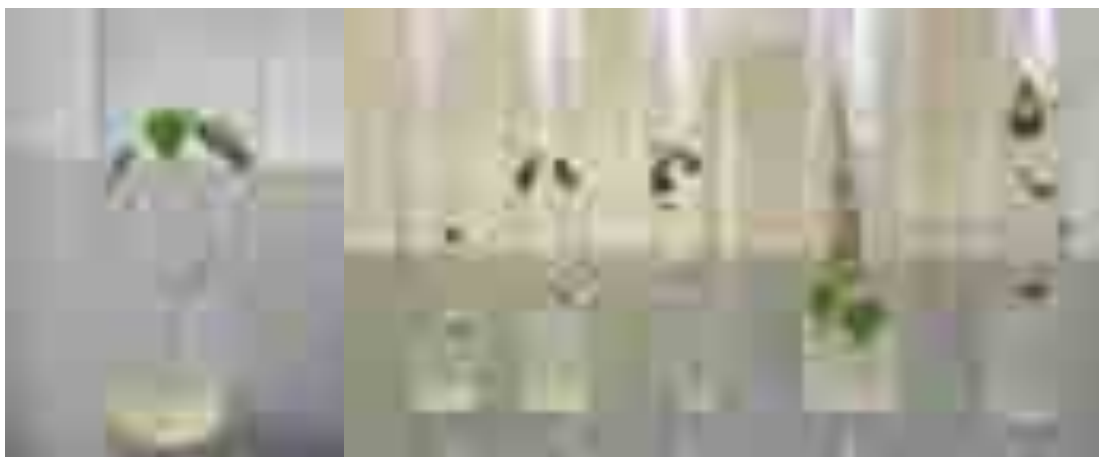
**Tabla 3. Porcentaje de contaminación y germinación de semillas, luego de los tratamientos de desinfección. A los 120 días del establecimiento. Lote de semillas A.**

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

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

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





**Images 2. Semillas germinadas *in vitro*, estado de plantulas.**

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

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

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

Evaluación	Ensayo 2		Ensayo 5		Ensayo 6	
	% Contaminación		% Contaminación		% Contaminación	
a los 15 días	0	a	2	a	0,00	a
a los 30 días	0	a	2	a	0,00	a
a los 45 días	0	a	2	a	1,05	a
a los 60 días	0	a	2	a	1,05	a
a los 85 días	0	a	2	a	1,05	a
a los 160 días	0	a	2	a	1,05	a

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

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

En el tratamiento 6 en el cual las semillas sufrieron una escarificación mecánica, la germinación fue acelerada, obteniéndose un 81% de semillas germinadas a los 15 días del establecimiento, lográndose un máximo de germinación de 91,58 % a los 45 días del establecimiento. En los tratamientos 2 y 5, la germinación fue gradual durante todo el tiempo del ensayo (160 días).

**Tabla5. Porcentaje de germinación de semillas luego de los tratamientos de desinfección.Lote de semillas B**

**Table 5.Percentage of seeds germination, after disinfection treatments. Seeds lot B.**

Evaluación	Ensayo 2		Ensayo 5		Ensayo 6	
	% Germinación		% Germinación		% Germinación	
a los 15 días	29,47	a	38,67	a	81,05	<b>b</b>
a los 30 días	45,26	a	58,00	b	89,47	<b>c</b>
a los 45 días	68,42	a	74,67	a	91,58	<b>b</b>
a los 60 días	70,53	a	75,33	a	91,58	<b>b</b>
a los 85 días	74,74	a	78,00	a	91,58	<b>b</b>
a los 160 días	77,89	a	79,33	a	91,58	<b>b</b>

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

### Conclusión

Los resultados obtenidos permiten arribar a las siguientes conclusiones.

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

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

### Bibliografía

- Eibl, B.; Vera, N. y Mendez, R. 2003. Silvicultura de 10 especies arbóreas nativas con potencialidades para la producción de madera y otros usos alternativos. Noviembre 2003. SAGPyA-PEA / FCF, UNaM.
- Eibl, B.; Barth, S.R.; Montagnini, F.; Palavecino, J.; Lopez, M. A.; Dreyer, N. 2012. Especies nativas de uso múltiple en áreas de restauración en la provincia de Misiones. 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 7, 8 y 9 de Junio de 2012 -Eldorado, Misiones, Argentina.
- Eibl, B.; González, C.; Otegui, M. y Dreyer, N. 2012. Protocolos tentativos para la propagación de 20 especies nativas de interés productivo de la selva misionera. 15<sup>as</sup> Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 7, 8 y 9 de Junio de 2012 - Eldorado, Misiones, Argentina
- Miranda, D. E; Keller, H. A.; Amarilla, W. B; Ritter, L; Insaurrealde, C. F. 2012. Recursos apibotánicos en zona de apiarios Misiones, Argentina. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. EEA Montecarlo, INTA. 7, 8 y 9 de Junio de 2012 - Eldorado, Misiones, Argentina.
- Miranda, D.; Aquino, D.; Pellizzer, N.; Vier, F.; Vier, L.; Insaurrealde, C.; Almada, C. y Salgado, C. 2013. Caracterización polínica de mieles de *Apis mellifera*. Producidas en Misiones, Argentina. Jornadas Científicas tecnológicas, UNaM, mayo 2013.
- Montagnini, F.; Eibl, B.; Fernandez, R. y Brewer, M. 2006. Estrategias para la restauración de paisajes forestales. Experiencias en Misiones, Argentina. Actas II Congreso Forestal Latinoamericano IUFRO. Chile, Talca.
- Murashige T. y Skoog F. 1962. Revised medium for rapid growth and bioassays with tabacco tissue. PhysPlant. 15: 473-493.

**PODER GERMINATIVO Y DIFERENCIAS MORFOMÉTICAS EN FRUTO Y SEMILLAS DE *Cabralea canjerana* (VELLOZO) MARTIUS SEGÚN ZONA DE COSECHA**

**GERMINABILITY AND MORPHOMETRIC DIFFERENCES IN FRUITS AND SEEDS OF *Cabralea canjerana* (VELLOZO) MARTIUS AMONG PROVENANCES**

**Barth, S.<sup>1;2</sup>, Rotundo, C.<sup>2</sup>, González, P.<sup>2</sup>, Agostini, J. P.<sup>1;2</sup>, Miranda, D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>UNaM. Facultad de Ciencias Forestales. Bertoni n° 124. C. P. 3380. Eldorado. Misiones

<sup>2</sup>Técnicos INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador n° 2472. C. P.3384. Montecarlo Misiones. e-mail de contacto: barth.sara@inta.gob.ar

**Resumen**

*Cabralea canjerana* (Cancharana) es una especie nativa de importancia ecológica y económica. Es demandada para cultivos agroforestales por su múltiple uso. El objetivo de este trabajo fue estudiar la morfometría de frutos y semillas (longitud y latitud), vinculada al poder germinativo según zona de procedencia del árbol selecto. Se evaluaron 3 áreas de la provincia de Misiones, colectando frutos 3 individuos por cada una de ellas. Si bien se hallaron diferencias dimensionales en cuanto al tamaño de semillas y frutos, las mismas no siempre fueron significativas. La correlación entre las variables dimensionales evaluadas en frutos y semillas y el poder germinativo es intermedio ya que se presentaron valores medios de 0,54. El poder germinativo medio fue de 91,7 % en la zona Montecarlo y 85 % en Eldorado, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre ellas pero sí con San Antonio que presentó un valor promedio de 76,17 %. El período óptimo de cosecha de frutos no es coincidente entre zonas.

**Palabras clave:** morfometría, poder germinativo, Cancharana.

**Summary**

*Cabralea canjerana* (cancharana) is a native tree species of ecological and economic importance. It is required for agroforestry for multiple purposes. The objectives of the present paper were to study the relationship between germinability and morphometrics (longitude and latitude) of fruits and seeds among provenances. Fruits of 3 selected trees were collected in three areas of Misiones. Although dimensional differences were found in terms of seed and fruit size, they were not always significant. The correlation between the dimensional variables evaluated of fruit and seed with the germinability is low (0,54). The average germinability was the 91.7% in Montecarlo and the 85% in Eldorado, with no statistical significance between them; but significant different with San Antonio with the mean of 76.17%. The optimal collection period for Cancharana fruits is not identical among provenances.

**Key words:** morphometric characteristics, germination power, Cancharana.

## Introducción

La promoción de plantaciones forestales con especies nativas requieren la realización de estudios silviculturales y ecofisiológicos, a fin de minimizar las deficiencias existentes en cuanto a disponibilidad de información sobre producción de semillas, viverización y el manejo silvicultural más adecuado para las mismas. El principal inconveniente detectado radica en la dificultad de almacenamiento y el bajo poder germinativo de muchas semillas, acompañado de gran desuniformidad de emergencia y vigor. En este sentido, los estudios de germinación buscan lograr la producción de propágulos de buena calidad en el menor tiempo posible, viabilizando la obtención de plantas a escala productiva, atendiendo de esta manera a los mercados formales e informales a través de la provisión de plantines y/o semillas.

*Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius es conocida en Argentina con el nombre común de “Cancharana”. Es una especie perteneciente a la familia Meliaceae. Si distribución natural va desde los 10° N en Costa Rica hasta los 31° 30' en Brasil, nordeste de Argentina, este de Paraguay, Bolivia y en Perú. Con precipitaciones medias anuales de 850 a 2500 mm y temperaturas de 14 a 27 °C. Presenta una alta longevidad, pudiendo alcanzar los 300 años. Se encuentra en suelos desde fértiles y profundos hasta suelos de baja fertilidad natural, aunque prefiere suelos húmedos, profundos y de textura arcillosa (López *et al.*, 1987).

Es un árbol caducifolio, con alturas de 10 a 30 m y diámetros de 40 a 150 cm, fuste recto a torcido de 4 a 12 m de altura. La corteza externa es de color gris, semi-áspera. Hojas compuestas, inflorescencias en panícula, los frutos son cápsulas globosas con 4 semillas por cada uno. La madera es semi dura y semi pesada (peso específico de 0,45 a 0,65 g/cm<sup>3</sup>). Albura color rosado amarillento y duramen castaño rojizo. Es fácil de trabajar, moderadamente difícil de preservar y de una durabilidad natural media a alta. Es utilizada en la fabricación de muebles finos, carpintería, tornería, decoración de interiores, construcción civil, cajas y embalajes. De la corteza se extrae un colorante rojizo y el extracto de las flores es usado en perfumería. Es una planta melífera y se ha plantado como ornamental, y en programas de recuperación ambiental (Ramos *et al.* 1991; Durigan & Nogueira, 1990).

El presente trabajo tuvo como objetivo presentar un avance de la caracterización morfológica de frutos y semillas de *Cabralea canjerana* según zona de recolección o procedencia, en vinculación a poder germinativo.

## Materiales y métodos

Los frutos fueron cosechados en árboles seleccionados de *C. canjerana* localizados en 3 sitios de la Provincia de Misiones, lo cual permitirá la evaluación de posibles diferencias entre zonas de procedencia. Los árboles matrices fueron localizados por recorrido a campo de remanentes de bosque nativo de las zonas bajo estudio: San Antonio, Eldorado y Montecarlo. Para la demarcación de los 3 semilleros considerados en cada zona, se respetó una distancia mínima de 250 metros entre ellos, a fin de disminuir el número de semillas provenientes de un padre en común, aumentando así la variabilidad genética del lote a evaluar (Shimizu *et al.*, 1982).

El período para la realización de las cosechas de frutos fue determinado a partir de observaciones fenológicas de frutos y semillas en las distintas zonas. Se trabajó con semillas colectadas al alcanzar el fruto coloración rojo-púrpura, indicación de que se alcanzó una madurez adecuada para maximizar la viabilidad de sus semillas. La cosecha se realizó del árbol con escaleras y pértiga al detectar que los frutos comenzaban a abrirse en forma natural, ya que estos presentan una mayor germinación inicial (López *et al.*, 1987). De cada uno de los 3 individuos considerados se extrajo una submuestra para ser empleada en la evaluación de parámetros morfológicos de frutos y semillas (Foto 1).

Las mediciones se realizaron con un calibre digital sobre 4 repeticiones de 100 frutos y de 100 semillas para cada árbol. Luego del despulpado de los frutos, tras el lavado y medición de características morfométricas, se instaló un ensayo de germinación estimándose porcentaje de germinación (% G) según zona de cosecha, a fin de inferir sobre la calidad fisiológica de las semillas (Botezelli *et al.*, 2000).

En el ensayo de germinación se trabajó con 4 repeticiones de 100 semillas cada una según normas ISTA (2004). El sustrato consistió en corteza de pino compostada. Una vez realizada la siembra, las bandejas fueron llevadas a cámara de germinación a 25 °C, con un fotoperíodo de 12 horas y riego semanal con aspersor manual. Tanto las mediciones como los ensayos de germinación se llevaron a cabo en laboratorios de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la ciudad de Montecarlo Misiones.



**Foto 1. Frutos y semillas de *Cabralea canjerana*: a) longitud de fruto; b) latitud de fruto; c) longitud de semilla, d) latitud de semilla.**

**Photo 1. *Cabralea canjerana*, fruits and seeds: a) fruit length; b) fruit latitude; c) seed length; d) seed latitude.**

La delineación estadística empleada tanto en el estudio morfométrico como en el ensayo de germinación, corresponde a un diseño aleatorio simple. Conforme a lo indicado por tests de Bartlett (1947), fueron necesarias transformaciones en los valores de germinación. Se trabajó con transformación logarítmica de la variable porcentaje de germinación. Posteriormente se analizó la existencia y grado de correlación entre las distintas variables bajo estudio: longitud de semilla y fruto, latitud de semilla y fruto, porcentaje de germinación y período de cosecha.

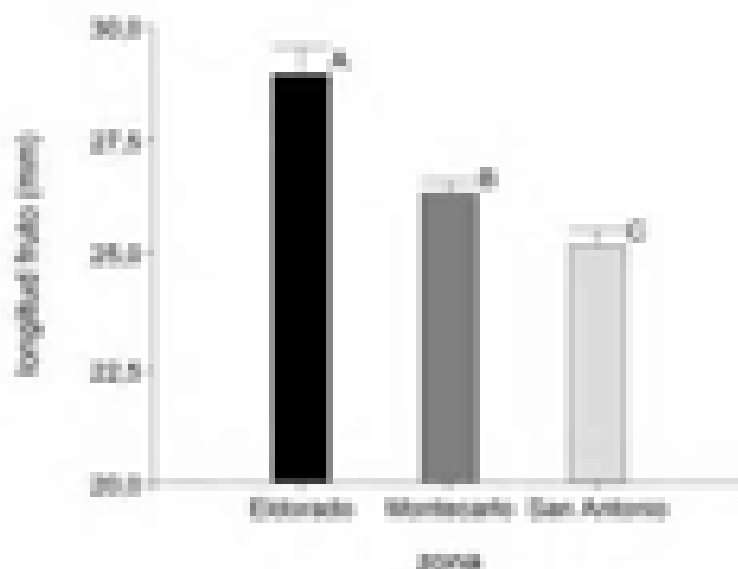
A fin de realizar las distintas comparaciones entre orígenes, se realizaron análisis de variancias de uno y más factores mediante la técnica de modelos mixtos a fin de considerar tanto el efecto fijo como el aleatorio con un nivel de confianza de 95 %. Se consideró como efecto fijo a zona y como efecto aleatorio al individuo. Se empleó el procedimiento de comparación de medias DGC (Steel y Torrie, 1980; Di Rienzo *et al.*; 2009; Balzarini *et al.*, 2008).

## Resultados

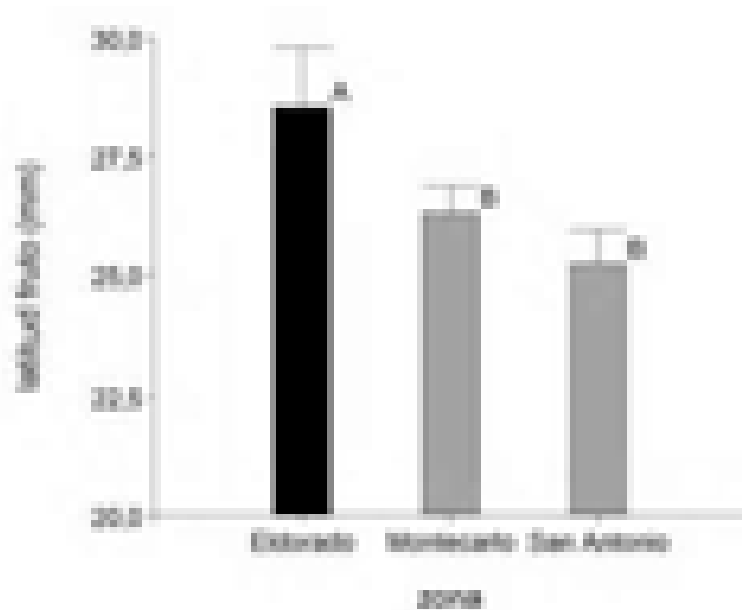
La variabilidad de fecha de plenitud de fase de maduración de fruto dio lugar a que la cosecha no fuera simultánea en las distintas zonas. En San Antonio la madurez se alcanzó la tercera semana de julio, en Montecarlo la tercera semana de Agosto, en Eldorado la primer semana de Septiembre.

Previo a la realización del análisis de correlación entre las variables analizadas, al realizar la prueba de normalidad se detectó que porcentaje de germinación presentaba curtosis estandarizada fuera del rango esperado indicando falta de normalidad. Dicho inconveniente se solucionó aplicando a dicha variable transformación logarítmica. Mediante el coeficiente de correlación de Pearson pudo determinarse que la asociación entre dimensiones de fruto y semilla y fecha de cosecha fue débil, como así también al considerar dimensión de fruto y de semilla versus porcentaje de germinación ya que los valores fueron cercanos a 0,54.

Del análisis estadístico de los datos recogidos, analizados mediante modelos mixtos (efecto fijo: zona, efecto aleatorio: individuo), mediante el procedimiento de comparación de medias DGC (Balzarini *et al.*, 2008) se desprende que variable longitud de fruto presentó diferencias estadísticamente significativas entre zonas (Figura 1). No sucedió lo mismo en cuanto a latitud de fruto en donde la mayor dimensión se presentó en Eldorado, diferenciándose estadísticamente de las zonas Montecarlo- San Antonio que no evidenciaron diferencias entre sí (Figura 2).



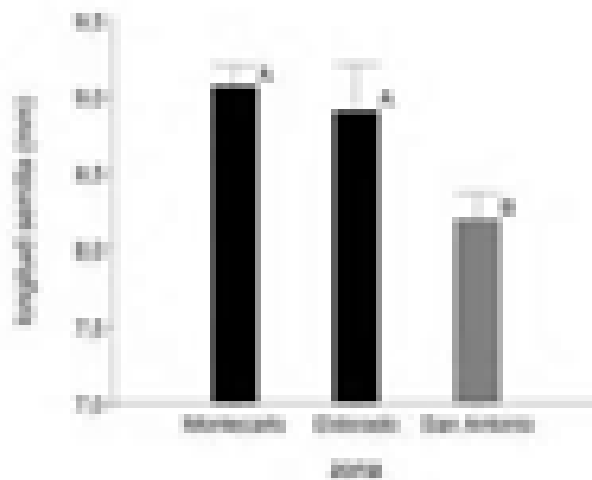
**Figura 1. Longitud de fruto según zona de colecta.**  
**Figure 1. Fruits length among collected area.**



**Figura 2. Latitud de fruto según zona de colecta.**

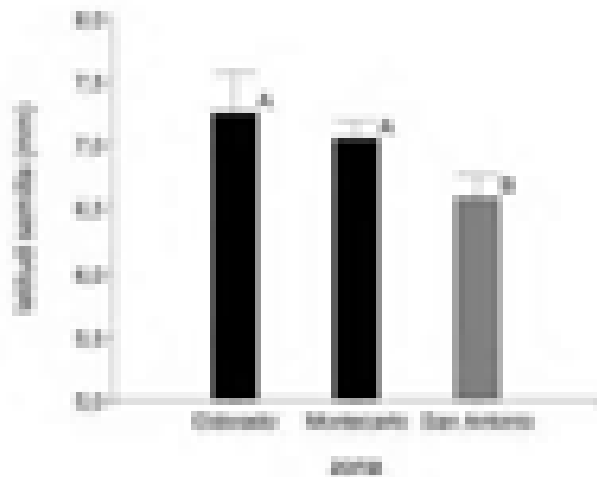
**Figure 2. Fruits latitude among collected area.**

Al analizar con idéntico procedimiento las variables dimensionales de semilla, no existió diferenciación entre las zonas Eldorado y Montecarlo aunque sí entre estas y San Antonio (Figuras 3 y 4).



**Figura 3. Longitud de semilla según zona de colecta.**

**Figure 3. Seeds length among collected area.**

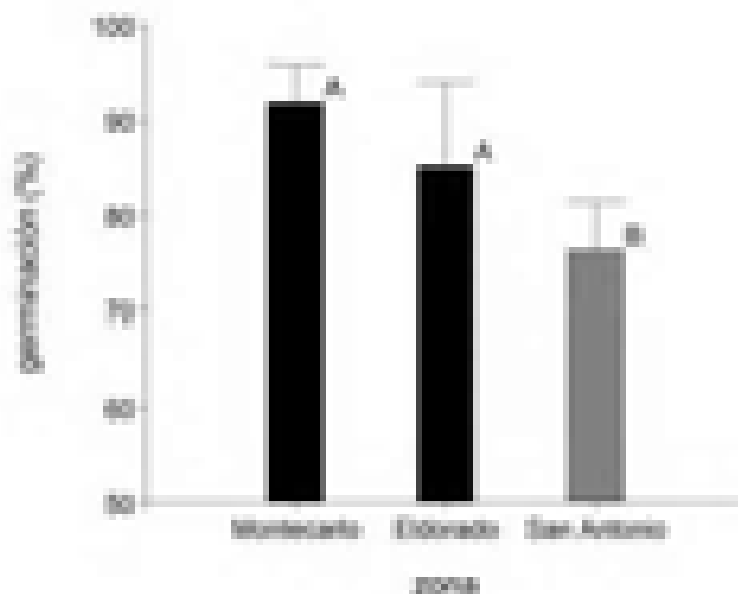


**Figura 4. Latitud de semilla según zona de colecta.**  
**Figure 4. Seeds length among collected area.**

La germinación presentó diferencias según zona y estas diferencias fueron estadísticamente significativas únicamente al contrastar San Antonio con las demás procedencias. Presentando esta zona un menor desempeño (Tabla 2, Figura 5).

**Tabla 1. Germinación de *Cabrlea canjerana* según zona de colecta de semillas. Test DGC: medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).**  
**Table 1. *Cabrlea canjerana* Germinability among collected area. Test DGC: Means with a common letter are not significantly different ( $p \leq 0.05$ ).**

Zona de colecta	Predicho	E.E.	Media	CV	
Montecarlo	91,75	4,01	91,75	11	A
Eldorado	85,10	8,97	85	13	A
San Antonio	76,17	5,18	76,17	18	B



**Figura 5. Poder germinativo según zona de colecta.**  
**Figure 5. Germinability among collected area.**



Ante la existencia de una débil correlación entre las variables analizadas, no es posible explicar las diferencias en germinación en función a dimensiones longitudinales y latitudinales de fruto y semillas. Este hecho refuerza la necesidad de profundizar estudios fenológicos de la especie vinculando la época óptima de cosecha con variables meteorológicas ya que estas podrían explicar la diferencia de comportamiento. Las diferencias en germinación podrían deberse a diferencias en maduración de fruto no detectadas a simple vista.

## Conclusiones

Las dimensiones de fruto y semilla no presentaron marcadas variaciones entre zonas de colecta.

Mayores o menores dimensiones de fruto no tienen influencia en el poder germinativo de las semillas contenidas en los mismos, sí es importante el haber alcanzado éstos un punto óptimo de madurez.

Es necesario continuar estudios para determinar variables que presenten influencia en la germinación de las semillas de *Cabralea canjerana*, por ejemplo, incidencia de variables agrometeorológicas relacionadas a la maduración del fruto.

La germinación de *Cabralea canjerana* fue superior a 85 %, con excepción de las colectas realizadas en la localidad de San Antonio en la que el valor fue levemente menor.

## Agradecimientos

Se agradece al personal de campo de INTA, en especial a Ramón Alcaraz, Lucas Giménez, y Diego Aquino, por la colaboración en el trabajo de recolección de datos fenológicos y cosecha de frutos. El proyecto es financiado en forma parcial por la Convocatoria de Proyectos Especiales de la Secretaría General de Ciencia Y Técnica de la Universidad Nacional de Misiones, el Proyecto de Investigación Aplicada PIA 10047 (Unidad para el Cambio Rural dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación) y Proyectos INTA del Centro Regional Misiones.

## Bibliografía

- Aguiar, F. F. A. 1993. Influência do tamanho sobre a germinação de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-Brasil). *Revista Brasileira de Sementes, Pelotas*, v. 18, n.2, p. 283-285.
- Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J. A.; Robledo, C. W. (2008). *Manual del Usuario*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Botezelli, L.; Davide, A.; Malavasi, M.; 2000. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). *CERNE Num.1 Vol.6. Brasil*.
- Di Rienzo, J. A.; Macchiavelli, R.; Casanoves, F. 2009. *Manual Modelos Mixtos en InfoStat*. 188 pp.
- Durigan, G.; Nogueira, J.C.B. *Recomposição de matas ciliares*. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14p. (IF. Série Registros, 4).
- International Seed Testing Association. 2004. *International Rules for Seed Testing*. Zurich: ISTA, 2004. 333p.
- López, J.A.; Little, E.; Ritz, G.; Rombold, J.; Hahn, W., 1987, *Arboles comunes del Paraguay: Ñande yvyra mata kuera*. Cuerpo de Paz. Paraguay. 425 pp.
- Ramallo Carvalho, P. E. 2003 *Espécies Arbóreas Brasileiras*. V 1, 1040 pp.
- Ramos, A.; Biscaia, R. C. M.; Castellano, A. C.; Leitão, L. C. Levantamento florestal da estação experimental Morretes I do Instituto Agronômico do Paraná. In: *Congresso Florestal e do Meio Ambiente do Paraná*, 3., 1991, Curitiba. Anais. Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 113-124.
- Shimizu, J. Y.; Kageyama, P. Y.; Higa, A. R. 1982. *Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de espécies florestais*. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS. 34p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 11).
- Steel, R.G.D.; J. H. Torrie. 1960. *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill Book Company. New York, U.S.A. 481 p.

**MULTIPLICACIÓN AGÁMICA DE FAMILIAS DE *Pinus taeda*, Linneo C., PROVENIENTES DE CRUZAMIENTOS CONTROLADOS**

**VEGETATIVE PROPAGATION OF *Pinus taeda* Linneo C. CONTROLLED CROSSES FAMILIES**

**González Paola<sup>1</sup>, Belaber E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>INTA, E.E.A. Montecarlo: [gonzalez.paola@inta.gob.ar](mailto:gonzalez.paola@inta.gob.ar)

<sup>2</sup>INTA, E.E.A. Montecarlo: [belaber.ector@inta.gob.ar](mailto:belaber.ector@inta.gob.ar)

**Resumen**

A partir de familias de cruzamientos controlados de *Pinus taeda*, cuyos padres fueron previamente seleccionados por INTA, con el objetivo de lograr un mayor número de plantas madres por plantín por año, se ha desarrollado un protocolo de macropropagación. Se utilizaron semillas de 21 familias, el topping se realizó a los 3 y 4 meses de edad; se estudiaron 3 condiciones de sombra (50%, 75%, 85%) y riego controlado. Variables estudiadas: N° brotes totales, N° plantas sobrevivientes y N° estacas enraizadas. Los resultados demostraron un efecto de interacción significativo ( $p \leq 0,05$ ) entre las familias y edades de cortes para las variables estudiadas. La variable estacas enraizadas por familia, mostró un mayor número de plantas enraizadas cuando el topping fue realizado a los 3 meses de edad. Concluyéndose que es factible realizar el topping a los 3 meses de edad, y obtener porcentajes de enraizamiento alrededor de 75%.

**Palabras clave:** Pino, macropropagación, topping.

**Summary**

From families controlled crosses–of *Pinus taeda*, whose parents were previously selected by INTA, and in order to achieve a greater number of mothers seedling plants in a year, we have developed a protocol macropropagation. Seeds from 21 families were used, the topping was performed at 3 and 4 months old, 3 shade conditions (50%, 75%, 85%) and controlled irrigation were studied. Variables studied: Number of outbreaks Total N° of survivors N° plants and rooted cuttings. The results demonstrated a significant interaction effect ( $p \leq 0.05$ ) among families and ages of cuttings for all variables studied. For variable rooted cuttings per family, we observed a greater number of roots when the topping was done at 3 months old plants. Concluding that is feasible to perform the topping at 3 months of age, and rooting percentages obtained around 75%.

**Key words:** Pino, macropropagation, topping

## Introducción

*Pinus taeda* es originario de la región sur de EEUU, desde el litoral atlántico hasta Texas; en la Argentina fue introducido a comienzo de los sesenta y se cultiva mejor en la región Litoral del país.

*P. taeda* es considerada la conífera que más se implanta en el mundo por su alta productividad en madera, cerca de 12 millones de has, principalmente en EEUU seguido de Brasil, Argentina y Uruguay, siendo menos importante su cultivo en Sudáfrica y Australia (du Toit *et al.*, 1998; Simpson *et. al.*, 1998; Samuelson *et al.*, 2004; De Lungo *et al.*, 2006). Es un árbol de gran porte, alto y derecho. En zonas del Delta y Misiones su crecimiento normal es de 2-3 cm de diámetro y 30 m<sup>3</sup>/ha al año. Su madera es blanca amarillenta a amarillo ocre, brillo mediano, olor resinoso, textura fina y homogénea, grano derecho y vetado pronunciado, posee una densidad de 0,460 Kg/dm<sup>3</sup>.

La madera proveniente de los raleos es utilizada como pastas celulósicas y paneles aglomerados. Los rollizos de mayor diámetro son utilizados en carpintería, revestimiento interior, terciados, entre otros.

Dentro de la producción de madera de la provincia de Misiones, *P. taeda* constituye en la región una especie de importancia dada la extensa superficie implantada y su potencialidad de uso tanto para construcción como carpintería en general. La EEA Montecarlo del INTA, lleva a cabo un proyecto, el cual contempla la generación de familias de *P. taeda*, obtenidas a partir de cruzamientos controlados. La hibridación de individuos se encuentra dentro del proceso del mejoramiento genético forestal, que implica el desarrollo de poblaciones genéticamente superiores en una o varias características (ej. crecimiento, forma, calidad de madera, etc.), respecto de las que se emplean de manera corriente en el ámbito comercial y su utilización operativa a través de la producción de semillas o clones de individuos mejorados (Marco *et al.*, 2005).

Por lo cual surge la importancia de multiplicar estos materiales, permitiendo lograr mayores ganancias por unidad de tiempo y poder realizar su transferencia a mediano plazo, aportando materiales de mejor calidad y desempeño.

Para lograr esta transferencia es necesario un protocolo eficiente de multiplicación de las plantas a partir de una sola semilla, utilizando técnicas como la macrorpropagación, el cual permite un aumento de su disponibilidad en un período corto de tiempo, manteniendo las características deseadas de los padres. En el caso del género *Pinus* el desarrollo y aplicación de la macrorpropagación en general, son relativamente más recientes y particularmente en Argentina no tienen más de 15 años.

El éxito de la reproducción por estacas, está basado en la capacidad del porcentaje de enraizamiento logrado, fenómeno que indica la satisfactoria reproducción de la planta, es decir, la obtención de un nuevo individuo a partir de un segmento de la planta madre.

Por otra parte, el genotipo, la edad de topping realizado a la planta madre y condiciones ambientales, influyen en forma significativa en el número de brotes producidos y en el número de brotes enraizados.

Por lo cual se planteó como objetivo de investigación multiplicar dichos materiales por técnicas de macrorpropagación, que permitan la multiplicación en un período corto de tiempo y aumento de su disponibilidad; estudiando diferentes familias generadas por cruces específicas y diferentes tipos de iluminación dentro de vivero, para evaluar capacidad de brotación y enraizamiento.

## **Materiales y métodos**

### **Material vegetal**

Se utilizaron plantas de cruzamiento controlado de *P. taeda*, provenientes de semillas F1, las mismas fueron germinadas y mantenidas en bandejas forestales (8 x 11 cavidades). El sustrato utilizado fue: corteza de pino compostada 70% + perlita 30%. Fertilizadas con: fertilizante de liberación lenta (12 meses de duración) del tipo 15-9-12 (NPK) + micronutrientes (Osmocote® Plus). Bajo 3 condiciones de sombra diferentes (50, 75, 85%) en invernáculo y riego controlado, de la Empresa Pindó S.A., Puerto Esperanza, Misiones.

### **Tratamientos**

Edad de corte: para la formación de las plantas madres, dadoras de estacas, se estudiaron dos edades de topping, a los 3 y a los 4 meses.

Familias: se estudiaron 21 familias de *P. taeda* de cruzamientos controlados.

Condiciones de sombra: utilizando media sombra graduada al 50; 75 y 85%; considerando que el valor de radiación que se alcanza sin cobertura es entre 1800 a 2000 micromoles.

### **Diseño estadístico**

Las variables evaluadas fueron:

Nº de brotes totales por familia, en las diferentes edades de corte.

Nº de plantas sobrevivientes por familia, en las diferentes edades de corte.

Nº de plantas enraizadas por familia (a los 60 días) en las diferentes edades de corte.

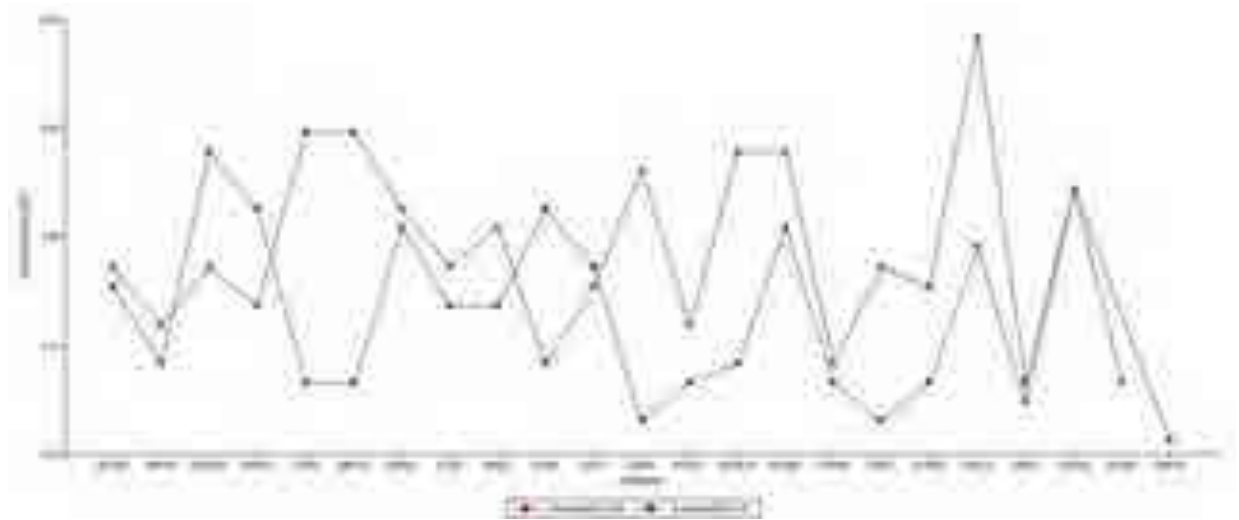
Teniendo en cuenta las 21 familias de *P. taeda* de cruzamientos controlados, se utilizó un diseño completamente aleatorizado, donde fueron consideradas 21 familias x 4 plantas por cruzamiento x 3 veces repetidas x 2 edades de topping (3 y 4 meses) x 3 porcentajes de sombra (50%, 75%, 85%) haciendo un total 24 plantas por familia y por edad de corte y por porcentaje de sombra. Para la comparación de los valores de las variables entre los tratamientos, se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA), posteriormente un test de Duncan, con la prueba de diferencia significativa al 5% del nivel de probabilidad. Para el análisis estadístico de los resultados de cada experimento se realizaron pruebas de distribución normal a fin de determinar la homogeneidad de varianzas. El procesamiento estadístico de los resultados se realizó con el programa InfoStat (2004) InfoStat, versión 2004. Grupo InfoStat; FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

### **Resultados y discusión**

Los resultados obtenidos a partir del ensayo de multiplicación vegetativa, teniendo en cuenta el análisis de interacción entre las edades de cortes (topping) y las familias, se pudo observar un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) para todas las variables estudiadas (total de brotes cosechados, sobrevivencia y estacas enraizadas en un año).

Destacando la variable estacas enraizadas por familia, la cual nos garantiza el éxito en la multiplicación vegetativa, y considerando dicha interacción; se pudo observar que las estacas mostraron un mayor número de plantas enraizadas cuando el topping fue realizado a los 3 meses de edad, exceptuando 3 familias que mostraron mejor comportamiento en el enraizamiento cuando este fue realizado a los 4 meses de edad y 6 familias mostraron valores similares en las dos épocas de topping (Gráfico 1).

Por otra parte, teniendo en cuenta las diferentes grado de sombra (50%, 75% y 85%) a los que fueron sometidas las familias y dependiendo de la época de topping, no se observaron diferencias significativas (p-valor 0,6) para el porcentaje de enraizamiento (Tabla 1); a pesar que si hubo diferencia visible en el estado fisiológico de las plantas madres según la exposición de sombra (Imagen 1). Mostrando que plantas ubicadas al 75% y 85% de sombra fueron más vigorosas. En los primeros trabajos de multiplicación agámica por estacas, el pino fue considerado como de difícil enraizamiento; encontrando Wise; Caldwell (1992) porcentajes entre en 0 a 60% para *P. taeda* y hasta 89% para *P. elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*. Otros trabajos como el de Andrejow, 2006, para estacas provenientes de plantas juveniles de *P. taeda* se pudo observar una variación de 42,9% a 98,2% de acuerdo a la familia y el sustrato utilizado.



**Gráfico 1. Efecto de la interacción de los factores Familias y de las edades de topping (3 y 4 meses), sobre el total de brotes enraizados.**

**Graphic 1. Effect of interaction families and ages of topping (3 and 4 months), the total number of rooted shoots.**

**Tabla 1. Porcentaje total de enraizamiento según la edad de topping y el grado (%) de sombra.**

**Table 1. Total percentage of rooting by age of topping and the degree (%) of shade.**

Edad topping	Grado de Sombra (Enraizamiento %)			
	A (50%)	B (75%)	C (85%)	Media
3	72,01 (a)	79,17 (a)	71,94 (a)	74,37
4	79,02 (a)	76,06 (a)	67,75 (a)	74,27
Media	75,5	76,6	69,8	

a



**Imagen 1. a) Plantas madres ubicadas al 50% de sombra, b) Plantas madres ubicadas al 75% de sombra, c) estacas de *Pinus taeda*.**

**Picture 2. a) Mothers plants located 50% shade, b) mothers plant located 75% shade, c) stakes *Pinus taeda*.**

Los altos porcentajes de estacas enraizadas, pueden deberse a la juvenilidad de las plantas madres de las cuales se obtuvo; coincidiendo con Greenwood & Hutchison, 1993, quienes consideran que el enraizamiento es mayor cuando las estacas provienen de material juvenil.

### **Conclusiones**

La ubicación de las plantas madres bajo los diferentes grados de sombra estudiados, resultaron no significativo en el enraizamiento de las estacas.

Para lograr un manejo parejo en vivero de plantas madres dadoras de estacas, es posible de realizar el topping de *P. taeda*, a los 3 meses de edad.

Se pudo observar que hubo una influencia de las familias de cruzamiento controlado de *P. taeda*, sobre el total de estacas enraizadas.

Un corte a temprana edad, permite aumentar el número de cosechas de estacas en el período de un año y con porcentajes de enraizamiento cercano al 75%.

### **Agradecimientos**

A la Empresa Pindó S.A. y al INTA, por permitir desarrollar dicha actividad.

### **Bibliografía**

- De Lungo, A.; Ball, J.; Carle, J. 2006. Global planted forests thematic study: results and analysis. Planted Forests and Trees. FAO. Working Paper 38. Rome .[www.fao.org/forestry/site/10368/](http://www.fao.org/forestry/site/10368/)
- Du Toit, B.; Smith, C.; Carlson, C.; Esprey, L.; Allen, R.; Little, K. 1998. Eucalyptus and Pine Plantations in South Africa. In Workshop Proceedings: Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests. Pietermaritzburg. South Africa. CIFOR. Pp 23-30.
- Marco, M. A. & HARRAND L. 2005. Valor potencial de los eucaliptos colorados en combinaciones híbridas. I Jornada sobre potencialidad foresto-industrial del eucalipto en Santiago del Estero Actas en CD. 10 p.
- Greenwood, MS & KW Hutchison. 1993. Maturation as developmental process. In Clonal Forestry: Genetics, Biotechnology and Application. Eds. M.R. Ahuja and W.J. Libby. Springer-Verlag, New York, pp 14-33.
- Samuelson, L.J.; Johnsen, K.; Stokes, T. 2004. Production, allocation and stemwood growth efficiency of *Pinus taeda* L. stands in response to six years of intensive management. Forest Ecology and Management 192:59-70.
- Simpson, J.A.; Osborne, D.O.; Xu, Z. H. 1998. Pine Plantations on the Coastal Lowlands of Subtropical Queensland Australia. In Workshop Proceedings: Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests.

**Técnicas para la propagación, domesticación y utilización sostenible de Palo amargo, *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.<sup>7</sup>**

**Propagation techniques for the domestication and sustainable use of Palo amargo, *Picrasma crenata* (Vell.) Engl**

**Niella<sup>1</sup>, Fernando.; Rocha<sup>2</sup>, P.; Keller<sup>3</sup>, H.; Eibl<sup>4</sup>, B.; Romero<sup>5</sup>, F.; Radins<sup>6</sup>, M.; Nozzi<sup>7</sup>, L y Franco<sup>8</sup>, M.**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Docente-Investigador FCF-UNaM. Email: [fniella@arnet.com.ar](mailto:fniella@arnet.com.ar)/ [lpv@facfor.unam.edu.ar](mailto:lpv@facfor.unam.edu.ar)

<sup>5</sup> Docente EAE-UNaM. – <sup>6</sup> y <sup>7</sup> Ing. Ftal. - <sup>8</sup>Alumno carrera de Ing. Forestal, FCF-UNaM

**Resumen**

*Picrasma crenata* (Vell.) Engl. (Simaroubaceae) es un árbol de hasta 15 m de altura que crece en Paraguay, Argentina (Misiones) y parte de Brasil. Debido a la alteración y a la escasa representatividad en su área de distribución, esta especie ha sido caracterizada como rara, en peligro de extinción y presumiblemente extinta en ciertas localidades de Brasil y Paraguay. En Argentina es ampliamente utilizada en la composición de fito-medicamentos y bebidas aperitivas. La producción de cultivares domesticados necesarios para abastecer un mercado cada vez más demandante en cantidad y calidad, requerirá, sin duda, de un sistema eficiente de regeneración, que aun no ha sido desarrollado para la especie objetivo de este proyecto. El presente trabajo, describe los estudios de marcación de arboles semilleros, germinación, micropropagación y macropropagación. Los estudios fenológicos realizados, demostraron que la especie fructifica una vez al año, hallándose frutos maduros en el mes de enero, siendo diseminado por aves de diferentes familias. Los estudios de propagación indicaron que las semillas, presentan bajo porcentaje de germinación, tanto en su hábitat natural, laboratorio como en vivero, y en diferentes sustratos; siendo factible la propagación vegetativa, tanto in vitro, como ex vitro de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.

**Palabras claves:** micropropagación, macropropagación, enraizamiento, germinación, arboles semilleros.

**Summary**

*Picrasma crenata* (Vell.) Engl. (Simaroubaceae) is a tree up to 15 m in height that grows in Paraguay, Argentina (Misiones) and part of Brazil. Because of the alteration and poor representation in its range, this species has been characterized as rare, endangered and presumed extinct in certain regions of Brazil and Paraguay. In Argentina is widely used in the composition of phyto-medicines and aperitifs. On the other hand, the status of the species is exacerbated by the low seed production and low germination. Domestication of the species is requires in order to fuel an increasingly demanding market in quantity and quality. In this paper, we describe the studies developed regarding the ecology and phenology,

---

<sup>7</sup> Resumen del trabajo publicado en el 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú 2013 (23-27 de Septiembre).

as well as propagation techniques (in vitro and ex vitro) for the species. Phenological studies showed that the species bears fruit once a year being found ripe fruits in January, which are spread by birds of different families. Propagation studies indicated that the seeds have low germination percentage, both in their natural habitat, laboratory and nursery, and on different substrates; vegetative propagation is feasible, both in vitro and ex vitro for *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.

**Keywords:** micropropagation, macropropagation, rooting, germination, seed trees.

## Introducción

*Picrasma crenata* (Vell.) Engl. (Simaroubaceae) es un árbol de hasta 15 m de altura que crece en Paraguay, Argentina (Misiones) y parte de Brasil. Debido a la alteración y a la escasa representatividad en su área de distribución, esta especie ha sido caracterizada como rara, en peligro de extinción y presumiblemente extinta en ciertas localidades de Brasil (Resolução SMA, 2004) y en peligro crítico en Paraguay (Resolución 1609/06 Secretaría del Ambiente, Paraguay). Su situación de conservación se ve agravada por el aprovechamiento debido a las diversas propiedades medicinales que se le asigna, tanto a nivel popular como comercial. En Argentina es ampliamente utilizada en la composición de fitomedicamentos y bebidas aperitivas. Puesto que el principio amargo se halla en todos los órganos de la planta su aprovechamiento, hasta el momento puramente extractivo, implica el apeo de los ejemplares, sin considerar la vulnerabilidad del mismo y sub-utilización del potencial genético. Por otro lado, la situación de la especie se ve agravada por la escasa producción de semillas que además presentan, un bajo poder germinativo. La producción de cultivares domesticados necesarios para abastecer un mercado cada vez más demandante en cantidad y calidad, requerirá, sin duda, de un sistema eficiente de regeneración, que aun no ha sido desarrollado para la especie objetivo de este proyecto (Keller y otros, 2011; O'Neill y otros, 2001). En este contexto, es que se hace cada vez más necesario el desarrollo de un conocimiento integrado de la dinámica poblacional, los parámetros requeridos para el manejo de semillas, viverización y técnicas de propagación vegetativa (in Vitro y ex Vitro), para la preservación y multiplicación de este germoplasma local. Por lo tanto, los estudios ecológicos, fenológicos, de germinación de semillas, viverización, y propagación vegetativa (cultivo in vitro y macropropagación) abordados en la presente trabajo, proveen información base para la domesticación y uso sostenible de la especie.

## Materiales y métodos

### Estudios ecológicos, fenológicos y germinación

**Marcación de semilleros:** Se procedió a la localización, selección y marcación de ejemplares, en diferentes localidades de la provincia de Misiones. En los cuales se procedió a observar inicio y desarrollo de floración y fructificación; y estudios de la estructura poblacional de los ejemplares adultos.

**Fenología:** se efectuó un registro fenológico a partir del material de herbario recolectado de los arboles semilleros, en diferentes épocas del año y en diferentes localidades.

**Regeneración natural:** se midieron parcelas de 1 m<sup>2</sup> a partir de la base de ejemplares seleccionados como semilleros

**Germinación:** con la semilla cosechada durante el periodo de noviembre-diciembre en el año 2007-2008-2009, se realizó tres ensayos de germinación, que a continuación se describen.



**En condiciones estándar de laboratorio** (Laboratorio de Semillas de la FCF-UNaM -Ing. Beatriz Eibl) se probaron tres sustratos de germinación, arena, corteza de pino compostada y tierra de monte. En condiciones controladas de temperatura (27°C) y fotoperiodo (8 horas de luz).

**In vitro:** se realizó en medio nutritivo de Murashige y Skoog (1962), en condiciones de asepsia, con temperatura controlada (24°C) y fotoperiodo de 16 horas.

**Vivero:** Se estudió lo siguiente,

1. Sustratos: corteza de pino compostada, tierra de monte, mezcla tierra de monte y corteza (1:1)
2. Tratamiento pre-germinativos: ácido nítrico, giberelina, inmersión en agua
3. Escarificación mecánica de la semilla: semillas con tegumentos y sin tegumentos.

### Estudios de propagación ex vitro

**Formación de plantines:** con los plantines generados en los diferentes ensayos de germinación se procedió a estudiar la formación de plantas madres (durante los años 2008-2009), para ello se probaron tres sustratos, tierra de monte, corteza de pino compostada, y mezcla tierra de monte y corteza de pino compostada (relación 1:1). Los plantines de 25 cm de altura fueron repicados a macetas de 10 litros, y criados bajo media sombra de 80%, y fertilizados con fertilizante de liberación lenta (Osmocote plus®) 15-9-12, en una concentración de 30g/maceta.

**Enraizamiento:** con el rebrote obtenido de las plantas madre se realizaron dos ensayos de enraizamiento (Niella y Rocha, 2007; Rocha y Niella, 2003). Las estacas utilizadas tenían una longitud promedio de 7 cm, y un diámetro  $> 3$  mm. El sustrato de enraizamiento utilizado consistió de una mezcla de corteza de pino compostada y arena (relación 3:1). El enraizamiento, en los dos ensayos abajo descritos se realizó en invernáculo, en condiciones semi-controladas de humedad y temperatura, con extensión del fotoperiodo a 16 hs.

**Estudio de efecto de método de aplicación de la auxina:** Se estudió el método inmersión rápida en 5000 ppm de IBA (Ácido Índole Butírico) y el método de inmersión por 24 horas en 600 ppm IBA.

**Estudio de efecto de la concentración de auxinas:** se estudiaron 3 concentraciones mediante el método de inmersión por 24 horas: 0, 300, y 600 ppm de IBA

### Estudios de propagación in vitro

**Establecimiento in vitro:** Con el objetivo de obtener explantos libres de contaminación y vigorosos, para proceder a la etapa de multiplicación, se realizaron tres ensayos de establecimiento, a partir de semillas, de segmentos nodales y de hojas de plantines criados en macetas bajo media sombra.

En todos los casos se estudió el efecto del tipo y concentración de la solución desinfectante, tales como, el hipoclorito de sodio (lavandina comercial), del cloruro de mercurio (Cl Hg), y antibióticos; como así también, el tiempo de exposición del explanto en la solución desinfectante (Rocha y Niella, 2011, y Nozzi, 2011). Otro factor considerado fue, el efecto del pre-tratamiento de la planta madre, y la escarificación mecánica de la semilla.

El medio nutritivo utilizado fue el de Murashige y Skoog (1962) suplementado con 20 gr.l<sup>-1</sup> de sacarosa, 7 gr.l<sup>-1</sup> de agar, ajustando el pH a  $5.8 \pm 2$  y autoclavado por 20 minutos a 1 atm de presión. Los cultivos fueron mantenidos durante los primeros 7 días de la siembra en cámara de cría bajo oscuridad a una temperatura de 25 °C, posterior a ese periodo los cultivos serán expuestos a la luz fluorescente con un fotoperiodo de 16 horas y una intensidad lumínica de 43,75  $\mu\text{moles/m}^2/\text{seg}$ .

**Multiplicación:** con el objetivo de definir el medio de cultivo y la concentración y/o combinación de reguladores de crecimiento más apropiado para la multiplicación in vitro de palo amargo (Cerdeja y Guzman, 2004), se realizaron ensayos de multiplicación de segmentos nodales obtenidos de plántulas germinadas in vitro y de brotes obtenidos de plantines criados en macetas bajo media sombra.

Los medios estudiados fueron: MS (Murashige y Skoog, 1962), WPM (Coke, 1996), suplementados con 0.5 mg/l de BAP (Benzil amino purina) y 0.05 mg/l de ANA (Acido naftaleno acético); 20 gr.l<sup>-1</sup> de sacarosa, 7 gr.l<sup>-1</sup> de agar, ajustando el pH a 5.8 ± 2 y autoclavado por 20 minutos a 1 atm de presión. Los cultivos fueron mantenidos durante los primeros 7 días de la siembra en cámara de cría bajo oscuridad a una temperatura de 25 °C, posterior a ese periodo los cultivos serán expuestos a la luz fluorescente con un fotoperiodo de 16 horas y una intensidad lumínica de 43/75 μmoles/m<sup>2</sup>/seg.

### Diseño y análisis de experimentos

En todos los casos se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de los tratamientos con un mínimo de 30 repeticiones por tratamiento. Posteriormente se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y test de separación de medias (LSD/Tukey). Las Variables estudiadas incluyen: número de plantas vivas, número de brotes/planta madre, número de estacas enraizadas, sobrevivencia, número de brote/explanto, número de explantos con brotes, vigor.

### Resultados y discusión

#### Estudios ecológicos, fenológicos y germinación



**Marcación de semilleros:** Se localizaron, identificaron y seleccionaron 23 ejemplares de Palo amargo en diferentes zonas de la Provincia de Misiones. Para cada árbol seleccionado se confeccionó una planilla en la cual se describió la siguiente información: Localidad / Departamento; Ubicación GPS; Diámetro (DAP): cm; Altura total: m; Altura fuste: m; Diámetro copa: m; Fase y momento fenológico; Ubicación en la propiedad; Descripción del entorno. De estos árboles se obtuvieron semillas, y rebrotes que fueron utilizados para los estudios de germinación, formación de plantas madres, macropropagación y micropropagación.

**Figura 1: Ejemplar de árbol semillero marcado en la zona de Bernardo de Irigoyen (Misiones)**  
**Figure 1: Seed tree of Bernardo de Irigoyen area**



**Fenología y diseminación:** A partir del número de muestras recolectadas y de observaciones realizadas en los departamentos Guaraní, San Pedro, Montecarlo, Gral. M. Belgrano, Cainguás, Eldorado e Iguazú, se pudo constatar que la floración se inicia en los ejemplares masculinos a partir del mes de Septiembre, iniciándose la floración de los ejemplares femeninos a partir de octubre y noviembre. Entre noviembre y diciembre se encuentran ya frutos inmaduros (de coloración verde a verde con máculas moradas hacia fines de cada año). En enero los frutos se encuentran maduros y son diseminados por las siguientes aves: *Turdus rufiventris* (Zorzal colorado), *Turdus leucomelas* (Zorzal mandioca), *Turdus albicollis* (zorzal blanco), *Thraupis sayaca* (celestino), *Tachyphonus coronatus* (frutero coronado) *Phyrrura frontalis* (Chiripepe). Se observó que los zorzales tragan los frutos enteros por lo que se puede conjeturar que sus procesos digestivos contribuyen a la germinación en tanto que determinan una escarificación y por el hecho de que en general defecan lejos del sitio de ingesta, ello contribuye a una diseminación a mayor distancia. Por su parte las dos siguientes especies de aves pequeñas (celestino y frutero) toman los frutos con el pico y en la misma copa del árbol o en la copa de un árbol cercano remueven el exocarpio y el mesocarpio desechando las semillas, las que además de no ser escarificada, son diseminadas cerca de la planta madre. En cambio los psittacidos como el chiripepe eliminan rápidamente el exocarpio y mesocarpio, parten el endocarpio esclerosado y consumen las semillas; por lo cual no determinan diseminadores de la especie, salvo caso que algunas se caigan cuando los manipulan con el pico, inclusive luego de romper el endocarpio, lo cual se ha observado con frecuencia.

**Regeneración natural:** Se establecieron 40 parcelas de 1 m<sup>2</sup> a partir de la base de cinco ejemplares marcados en etapas previas como semilleros. Para facilitar el conteo y hallazgo se consideraron renovales de más de 10 cm de altura. La regeneración fue escasa a nula en estas condiciones, nula en tres de las parcelas y escasa (1-2 ejemplares en las otras dos). Se observó sin embargo una gran cantidad de plántulas y semillas germinadas bajo la planta madre, lo que permite presuponer un efecto de patógenos que afectan a las plántulas recién germinadas e impiden el paso a la siguiente clase de altura.

## Germinación

**En condiciones estándar de laboratorio:** *No se observo germinación en ninguno de los sustratos estudiados en condiciones estándar de laboratorio (Tabla 1).*

**In vitro:** *Se obtuvo un 5% de germinación en las semillas sembradas en condiciones in vitro (Tabla 1).*

**Vivero:** Los resultados indicaron *un 11% de germinación en las semillas escarificadas mecánicamente (remoción del tegumento) y sembradas en tierra de monte, y un 6% sembradas en mezcla de tierra de monte y corteza (Tabla 1).* No se observo efecto significativo de los tratamientos pre-germinativos. El periodo de germinación se extendió hasta 5 meses posteriores a la siembra.

**Tabla 1: Resumen de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de germinación de semillas de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Table 1: Summary table of *Picrasma crenata* ((Vell.) Engl.) seeds germination trials**

Tratamiento	Escarificación de la semilla	Número de repeticiones	Germinación %
Control	Con tegumento	100	0
Control	Sin tegumento	100	0
Control	Con tegumento	100	0
Control	Sin tegumento	100	0
Vivero control	Con tegumento	100	0
Vivero control	Sin tegumento	100	0
Vivero tierra monte	Con tegumento	100	0
Vivero tierra monte	Sin tegumento	100	11
Vivero mezcla	Con tegumento	100	0
Vivero mezcla	Sin tegumento	100	6



**Figura 2: Frutos y semillas de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Figure 2: Fruit and seeds of *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

## Estudios de propagación ex vitro

### Formación de plantas madres

Los resultados obtenidos indicaron, a los 12 meses de haber sido repicados, un 80% de sobrevivencia en los plantines criados en maceta en sustrato de corteza de pino composta, un 45% en los plantines criados en sustrato de tierra de monte, y un 40% en los plantines criados en sustrato mezcla de corteza y tierra de monte. En todos los casos se observó inicio de formación de brotes a partir de los 30 días posteriores de la decapitación, obteniéndose en promedio 3-6 brotes/planta (Tabla 2).

**Tabla 2: Resumen de los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos de formación de planta madre de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Table 2: Summary table of *Picrasma crenata* ((Vell.) Engl.) stock plant management treatments**

Tratamiento	Número de repeticiones	Sobrevivencia %	Plantas con brotes %
Corteza pino	20	80	50
Tierra monte	20	45	40
Mezcla corteza y tierra	20	40	30



**Figura 3: Formación de plantas madres de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Figure 3: *Picrasma crenata* ((Vell.) Engl.) stock plants**

### Enraizamiento

En los dos ensayo realizados el porcentaje de enraizamiento fue de un 10%, en los tratamientos sin auxina y de un 20% en el tratamiento de inmersión por 24 horas en 600 ppm de IBA. Mientras que el método de inmersión rápida en 5000 ppm m de IBA no se observó enraizamiento (Tabla 3). Los plantines enraizados, presentaron un buen desarrollo radicular y fueron repicados a macetas, con una sobrevivencia superior al 80% de los plantines enraizados, 6 meses posteriores al repique.

**Tabla 3: Resumen de los resultados obtenidos en el enraizamiento de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**  
**Tabla 3: Summary table of *Picrasma crenata* ((Vell.) Engl.) rooting cuttings**

Tratamiento	Número de repeticiones	Enraizamiento %	Sobrevivencia a los 4 meses %
Sin IBA	40	0	0
Inmersión rápida 1000 ppm IBA	40	0	0
Inmersión 24 hs 600 ppm IBA	40	20	40



a. Sin IBA



b. Con IBA 600 ppm

**Figura 4: Enraizamiento de estacas de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Figure 4: *Picrasma crenata* ((Vell.) Engl.) rooted cuttings**

### Estudios de propagación in vitro

**Establecimiento a partir de semillas:** Los resultados indicaron diferencias significativas a un nivel de significancia del 5 %, entre los tratamientos de escarificación y desinfección de las semillas germinadas in vitro. El tratamiento 4, el cual consistió en el uso de semillas sin tegumento y la aplicación de lavandina (40%) con inmersión por 20 minutos, fue el más efectivo con  $80 \pm 12.8\%$  de sobrevivencia a de los explantos, y  $7.4 \pm 1.045$  de germinación (Tabla 4).

**Tabla 4. Efecto de los tratamiento de desinfección y escarificación de semillas en la germinación in vitro de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Table 4: Disinfection and stratification treatment on *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) in vitro seed germination**

Tratamiento	Desinfección de la semilla	Escarificación de la semilla <sup>a</sup> %	Número de repeticiones	Sobrevivencia % ± E.S.	Germinación % ± E.S.
1	Con lejía	10% 20 min	10	0	0
2	Sin lejía	10% 20 min	10	0	0
3	Con lejía	40% 20 min	10	100 ± 0.0	100 ± 0.00
4	Sin lejía	40% 20 min	10	100 ± 0.0	7.83 ± 0.04

<sup>a</sup>En todos los tratamientos, luego de la aplicación de lavandina, se sumergieron las semillas en solución de Cl<sub>2</sub> Mg al 0.2%.



**Figura 5: Establecimiento in vitro de semillas de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)**

**Figure 5: *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) in vitro seed germination**

### Establecimiento a partir de segmentos nodales

Los resultados indicaron diferencias significativas a un nivel de significancia del 5 %, entre los tratamientos d de desinfección. El tratamiento 3, el cual consistió en la aplicación de lavandina (40% %) por 10 minutos fue el más efectivo con  $45 \pm 7.83$  de sobrevivencia de los explantos. (Tabla 5)

**Tabla 5. Efecto de los tratamiento de desinfección de segmentos nodales obtenidos de rebrote de plantas madres de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) criadas en macetas en vivero (Porcentaje de sobrevivencia y error estándar (ES))**

**Table 5: Disinfection treatments effect on *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) nodal segment, obtained from stock plant sprout. (Survival rate (%) and Standard error (ES)).**

Tratamiento	Desinfección de lavandina %	Desinfección de Cl <sub>2</sub> Mg %	Número de repeticiones	Sobrevivencia % ± E.S.
1	10% 10 min	0.2	10	100 ± 0.00
2	10% 20 min	0.2	10	100 ± 0.00
3	40% 10 min	0.2	10	45 ± 7.83
4	40% 20 min	0.2	10	100 ± 0.00



Figura 7: Establecimiento in vitro de segmentos nodales de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.)  
 Figure 7: *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) nodal segment in vitro stablishment.

### Establecimiento a partir de hojas

Los resultados indicaron diferencias significativas a un nivel de significancia del 5 %, entre los tratamientos d de desinfección. El tratamiento 2, el cual consistió en la aplicación de lavandina (40% %) y ClHg (0.5), fue el más efectivo con  $75 \pm \pm 7.85\%$  de sobrevivencia de los explantos. (Tabla 6)

Tabla 6. Efecto de los tratamiento de desinfección de segmentos de hoja partiendo de material de rebrote de planta as madres de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) criadas en macetas en vivero. (Porcentaje de sobrevivencia y error estándar (ES)).

Table 6: Disinfection treatments effect on *Picrasma crenata* (Vell.) Engl nursery stock plants leaf segments. (Survival rate (%) and Standard error (ES)).

Tratamiento	Reducción de lavandina %	Reducción de ClHg %	Numero de repeticiones	Sobrevivencia % ± ES
1	20% 20 min	0.5	30	25 ± 8.33
2	40% 20 min	0.5	30	75 ± 7.85
3	50% 20 min	0.5	30	10 ± 8.33



Figura 7: Establecimiento in vitro de segmentos de hojas obtenidos de brotes de plantas de *Picrasma crenata* ((Vell.) Engl.) criadas en vivero.

Figure 7: Establishment of *Picrasma crenata* (Vell.) Engl nursery stock plants leaf segments



### Multiplicación nodal

Los resultados obtenidos nos indican que los segmentos nodales (obtenidos de plántulas germinados in vitro) cultivados tanto el medio nutritivo MS, como WPM generaron brotes, presentando diferencias significativas entre ellos, observándose un  $38\pm 5.5\%$  y  $49\pm 3.2\%$  de explantos sobrevivientes, respectivamente. El número de brotes/explanto, en promedio fue de  $1.3\pm 0.9$  brotes en los segmentos nodales cultivados en medio MS y de  $1.6\pm 0.5$  brote/segmento nodal en el medio WPM (Tabla 7). En los brotes sobrevivientes, que fueron subcultivados al medio WPM suplementado con 0.5 mg/l de BAP y 0.05 mg/l de ANA, se observó formación de raíces en el cuarto subcultivo.

**Tabla 7. Efecto de los medios nutritivos (MS y WPM) en la sobrevivencia, producción de brotes y número de brotes/explanto en segmentos nodales cultivados in vitro de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.**

**Table 7: Nutrient media (MS and WPM) effect on survival rate, shoot production and shoot number/explants on *Picrasma crenata* (Vell.) Engl nodal segments cultured in vitro**

Medio Nutritivo	n repeticiones	Sobrevivencia (%)	Explantos con brotes (%)	Número de brotes/explantos
MS	30	$38\pm 5.5$	$38\pm 5.5$	$1.3\pm 0.9$
WPM	30	$49\pm 3.2$	$49\pm 3.2$	$1.6\pm 0.5$



**Figura 8: Multiplicación y enraizamiento in vitro de segmentos nodales de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) criadas en vivero**

**Figure 8: In vitro multiplication and rooting of nodal segments of *Picrasma crenata* (Vell.) Engl**

## Conclusiones

De los resultados obtenidos, en las condiciones estudiadas, se puede concluir que la especie *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.):

Fructifica una vez al año hallándose frutos maduros en el mes de enero, siendo diseminado por aves de diferentes familias, que determinan las condiciones de diseminación de acuerdo a la parte del fruto que ingieran (completo, exocarpio y mesocarpio, semilla).

Presenta bajo porcentaje de germinación, tanto en su hábitat natural, laboratorio como en vivero, y en diferentes sustratos.

Es posible la formación y manejo de plantas madres en macetas, en diferentes sustratos, demostrando capacidad de rebrote para la producción de estacas.

Posee capacidad de enraizamiento en presencia de auxinas, y es posible la regeneración de plantas a partir de las estacas enraizadas.

Es posible el establecimiento in vitro, tanto a partir de semillas, como de hojas y/o segmentos nodales.

Presenta capacidad de multiplicación y formación de raíces in vitro.

Se demostró el potencial de desarrollar protocolos de macropropagación, y micropropagación factibles de ser llevados a escala operativa, previo desarrollo de nuevos estudios experimentales.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Proyecto Federal de Innovación Productivas. PFIP-MINCYT – 2006-1.

## Bibliografía

- Cerdás L. y L.Guzmán. 2004. Organogenesis in Vitro en *Dalbergia retusa* (Papilionaceae). Rev. Biol. Trop.52(1): 41-46.
- Coke, JE. 1996. Basal nutrient medium for in vitro cultures of loblolly pine. US Patent 5,534,433.
- Keller, H., F. Niella y P. Rocha. 2011. Técnicas para la propagación, domesticación y utilización sostenible de Palo amargo, *Picrasma crenata* (Vell.) Engl., para productores locales. Informe final PFIP 2006-1.
- Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum. 15:473-497.
- Niella, F. y Rocha, P. 2007. Desarrollo de técnicas de macropropagación para: *Araucaria angustifolia* (Bertol.), *Myrcarpus frondosus*, y *Balfaroudendron redelianum* (Engl). YVYRARETA 14 – Pp.: 41-47.
- Nozzi, L. 2011. “Protocolo de desinfección de segmentos de hoja para cultivo in vitro de *Picrasma crenata* (Vell.) Engl.) (*Simaroubaceae*)”. Integradora II. FCF-UNaM, Presentada y aprobada. Estudiante de Ing. Forestal. FCF-UNaM.
- Rocha P. y Niella F. 2011. Multiplicación axilar in vitro de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Revista Forestal Yvyrareta 18: 23-30
- O’Neill, G. A., I. Dawson, C. Sotelo Montes, L. Guarino, M. Guariguata, D. Current y J. Weber. 2001. Strategies for genetic conservation of trees in the Peruvian Amazon. Biodiversity and Conservation 10:837-850
- Rocha, P. Y Niella, F. 2003. Efecto de tratamientos inductivos en el enraizamiento de estacas de *Pinus elliottii* x *caribaea* y *Pinus taeda*. Yvyrareta 12– pp.: 50-54

**EXTENDIENDO LOS BENEFICIOS DE LAS TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN CLONAL A PEQUEÑOS Y MEDIANOS PRODUCTORES COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN Y DOMESTICACIÓN**

**EXTENDING THE BENEFITS OF CLONAL PROPAGATION TECHNIQUES FOR SMALL AND MEDIUM FARMERS AS CONSERVATION AND DOMESTICATION STRATEGY**

**Niella<sup>1</sup>, Fernando; Rocha<sup>2</sup>, P.; Eibl<sup>3</sup>, B.; Schoffen<sup>4</sup>, C.; Martinez<sup>5</sup>, M.; Conti<sup>6</sup>, P.; Franco<sup>7</sup>, M. y Ayala<sup>8</sup> L.**

<sup>1 2 3</sup> Docentes FCF-UNaM ([fernandoniella@gmail.com](mailto:fernandoniella@gmail.com) / [lpv@facfor.unam.edu.ar](mailto:lpv@facfor.unam.edu.ar))

<sup>4 5 6 7 8</sup> Estudiantes FCF-UNaM

**Resumen**

En el presente trabajo, se describe la implementación de tecnologías de producción de minicepas y miniestacas, accesibles a pequeños y medianos viveristas, para las siguientes especies leñosas multipropósito: *Peltophorum dubium* (Caña fistola), *Myrocarpus frondosus* (Inciense), y *Cordia trichotoma* (peteribi). Se evaluó la tasa de rebrote de minicepas, y el posterior enraizamiento de las miniestacas obtenidas para las mencionadas especies. Las minicepas fueron criadas en macetas de 3 litros en invernáculo, y en el enraizamiento de las miniestacas se estudió el efecto de la inducción con AIB (Ácido Indol Butírico). Los valores promedios de producción de minicuttings fue de un rango de 770 a 900 estacas/m<sup>2</sup>/año, considerando solo tres colectas al año. Los protocolos de enraizamiento demostraron, para los mejores tratamientos, una capacidad de sobrevivencia y enraizamiento promedio, superior al 70%, en todas las especies estudiadas, destacándose en Caña fistola e Inciense por enraizar sin la necesidad de inducción con auxinas. El presente estudio demostró que la técnica de minicepas y miniestacas tiene un gran potencial para la producción masiva de clones de las especies estudiadas, generando brotes de alta calidad en minicepas, para la producción de miniestacas con alta capacidad de sobrevivencia y enraizamiento.

**Palabras clave:** minicepas, miniestaca, *Peltophorum dubium*, *Cordia trichotoma*, *Myrocarpus frondosus*.

**Summary**

The present paper, describe the development and implementation methodology of ministump and minicuttings system, accessible by its low complexity to small and medium nurseries. The studies were developed for the following multipurpose woody species: *Peltophorum dubium* (caña fistola), *Myrocarpus frondosus* (inciense), and *Cordia trichotoma* (Peteribí). To assess the shoot production rate, from ministump for the above species, and subsequent rooting of minicuttings, several experiments were carried out. The ministumps were grown in a 3-liter pots in the greenhouse, and the effect of IBA (Indole Butyric Acid) was studied on rooting of minicuttings. The average minicuttings production was in a range of 770-900 cuttings/m<sup>2</sup>/year, considering only three collections a year, covering the period from September to March. Protocols showed, for the best treatments, sur-

vival and rooting capacity greater than 70% in all species studied, outstanding caña fistola and Incenso, without the need for root induction with IBA, thereby reducing the process cost. The present study demonstrated that the ministump- minicuttings system has a great potential for mass production of clones for the species under consideration, generating high quality shoot ministumps for the production of minicuttings with high survival and rooting capacity.

**Key words:** ministumps, minicuttings, *Peltophorum dubium*, *Cordia trichotoma*, *Myrocarpus frondosus*.

## Introducción

La necesidad de utilizar las especies vegetales nativas en forma sostenible, evitando de esta forma su degradación o eventualmente su extinción, es una estrategia de conservación que quedó claramente consensuada en la Convención por la Biodiversidad de Río'92 (CBD) ratificada por 182 países, incluido nuestro país. Es este un tema clave en la sustentabilidad y aprovechamiento racional de los recursos forestales de la región conocida como Selva paranaense o misionera en el nordeste de la Argentina, un ecosistema cada vez más fragmentado y de menor superficie por el avance de la frontera agrícola-ganadera y la continua extracción de madera como ocurre en la mayoría de los bosques subtropicales húmedos a escala global.

En la actualidad, la cosecha de semillas para plantación de especies nativas, como en el caso de especies arbóreas como *Peltophorum dubium* (caña fistola), *Myrocarpus frondosus* (incienso), *Cordia trichotoma* (Peteribí) se realiza en general a partir de una selección meramente fenotípica en bosques naturales, donde existe una enorme variedad de situaciones ambientales y de edad y por lo tanto una baja eficiencia en el proceso selectivo. Una consecuencia directa de este aspecto, es la sub-utilización del potencial genético de las especies en consideración, lo que implica una gran desventaja para cualquier programa de domesticación que se quiera considerar.

En el corto plazo la obtención de semillas de poblaciones naturales fue una solución para abastecer la demanda, pero en la actualidad, la cosecha de semillas es cada vez más costosa y escasa, simplemente por la dificultad de encontrar en montes que son naturalmente multiespecíficos (cada vez más fragmentado y menor en superficie por el avance de la frontera agrícola-ganadera) con intervenciones frecuentes, un número de árboles suficientes en edad reproductiva disponibles para realizar una cosecha. El desarrollo de técnicas de propagación vegetativa de baja complejidad y fácil aplicación para pequeños y medianos viveristas, permitirá sin duda facilitar y aumentar la disponibilidad de material plantable y por otro lado, facilitar la multiplicación clonal de material genético específicos provenientes de distintas regiones (por ejemplo distintas procedencias de una misma especie).

Es este un factor, que permitirá sin duda involucrar a pequeños y medianos productores y viveristas, en estrategias de conservación de la diversidad genética y aportando una técnica ineludible en los programas de domesticación a futuro (Ezekiel, A. 2010). Esto es, potenciar la participación de un mayor número de productores en programas de restauración y/o reforestación con un material genético que en forma gradual se puede convertir en poblaciones base para futuros programas de mejoramiento genético.

Con el objetivo de generar una tecnología de bajo costo para la propagación vegetativa de *Peltophorum dubium* (caña fistola), *Myrocarpus frondosus* (incienso), *Cordia trichotoma* (Peteribí) sin comprometer la calidad de los propágulos y plantas obtenidas y con una capacidad de enraizamiento no menor a un 70%, el presente trabajo resume los resultados conducentes a la elaboración de manuales de procedimientos para viveristas. Dichos

resultados fueron generados a partir de una serie de ensayos realizados en el manejo de minicepas y enraizamiento de miniestacas para cada una de las especies arriba mencionadas (Niella y Rocha, 2007; Niella *et al.*, 2013 y Rocha y Niella, 2013).

### **Materiales y métodos**

A continuación se describen solo los ensayos y factores estudiados de los cuales se obtuvieron resultados significativos que permiten el desarrollo de una metodología de aplicación operativa para pequeños y medianos viveristas.

#### **Formación de planta madres**

Para la producción de plantines de *Cordia trichotoma* (Peteribi o loro negro); *Peltophorum dubium* (Caña fistola) y *Myrocarpus frondosus* (Incienso), se utilizaron semillas de polinización abierta, certificadas por el laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Forestales. Cultivados en tubetes de 240 cm<sup>3</sup> en corteza de pino compostada, con fertilización de liberación lenta PLANTACOTE PLUS 8M®. (15-9-12 NPK + micronutrientes). Cuando los plantines alcanzaron los 15-20 cm de altura, un diámetro altura de cuello de 3 a 5 mm y un rango de edad de 8 a 24 meses según la especie, fueron repicados a macetas de 4 litro para su conversión a minicepas.

#### **Manejo de Minicepas**

Los plantines recibieron una aplicación base de fertilizante sólido de liberación lenta PLANTACOTE PLUS 8M®. (15-9-12 NPK + micronutrientes), en una concentración de 3g/maceta.

Las minicepas de las especies bajo estudio fueron criados, con una densidad de 60 plantas/m<sup>2</sup>, en invernáculo con media sombra del 80 % (Intensidad lumínica promedio: día soleado: 13.000 lux/día nublado: 2000 lux), en condiciones semi-controladas de humedad (microaspersión) (Promedios periodo Septiembre-Marzo, Temperatura: 29° C – Max: 40° C – Min: 22° C. Humedad Relativa (HR): 73%- Max: 99%- Min: 46%). Todas en una densidad de 60 plantas/m<sup>2</sup>.

Los plantines fueron decapitados a los 15 días de su repique a contenedores, a una altura no inferior a 6 cm, convirtiéndose así en minicepas. Las podas sucesivas se efectuaron cada 45, 60 y 90 días con aplicaciones, posteriores a cada poda, de fungicida Zineb® en una concentración de 3 g/l. Cada 6 meses se procedió a la re-aplicaciones del fertilizante arriba mencionado, en una concentración de 3g/maceta, realizando dos orificios a ambos lados de la planta, dividiendo la cantidad a aplicar en dos partes iguales. Una vez colocado el fertilizante, en los orificios, los mismos fueron cubiertos con sustrato y apisonados; evitando que queden cavidades con aire.

#### **Enraizamiento**

Del rebrote obtenido de las minicepas, se cosecharon miniestacas uni o binodales, de una longitud promedio de 5 cm, y un diámetro no menor a 3mm. Luego de cosechadas, las hojas de las estacas se cortaron a la mitad y se colocaron las bases de las estacas en recipientes con 3 mm de agua destilada, para evitar desecación de las bases. El sustrato de enraizamiento utilizado consistió de una mezcla de corteza de pino compostada tamizada y perlita (relación 1:1). El enraizamiento, se realizó en invernáculo, en condiciones semi-controladas de humedad (microaspersión) con promedios de temperatura y humedad relativas descritas en la sección manejo de minicepas, con extensión del fotoperíodo a 16 hs.

Los tratamientos inductivos de las miniestacas para las tres especies mencionadas, consistieron en:

1. Aplicación de auxinas (Acido indol butírico - AIB): Inmersión de las bases en una solución acuosa de de AIB en una concentración de 400 ppm, pH 5.7, por un periodo de 24 hs, seguido de una inmersión de las bases de la estaca en fungicida Zineb® (20g/l) por 20 minutos, previa inserción de las miniestacas en bandejas HIKO® de 40 cavidades, de 93 cm<sup>3</sup> cada una.
2. Sin aplicación de auxinas-inmersión en agua 24 horas (AGUA): Inmersión de las bases de la estaca en agua por 24 hs, seguido de una inmersión de las bases en fungicida Zineb® (20g/l) por 20 minutos, e inserción en bandejas HIKO® de 40 cavidades, de 93 cm<sup>3</sup> cada una.
3. Sin aplicación de auxinas-inserción directa(DIRECTA): Inmersión de las bases de la estaca en fungicida Zineb® (20g/l) por 20 minutos, e inserción inmediata de las miniestacas en bandejas HIKO® de 40 cavidades, de 93 cm<sup>3</sup> cada una.

Otros factores estudiados fueron: presencia de hojas en la estaca y posición de la estaca en el brote

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Los ensayos de enraizamiento se realizaron en forma independiente para cada especie y fueron repetidos tres veces. En todos los casos se utilizó el diseño completamente aleatorizado con 30-40 repeticiones (estacas) por tratamiento de enraizamiento, la unidad experimental fue la estaca. Los datos se analizan utilizando el análisis de la varianza (ANOVA) y test de separación de medias (LSD). Para el manejo de minicepas, se utilizaron 30-40 plantas/especie.

Las variables consideradas para evaluar el efecto del manejo de minicepas son: sobrevivencia, y número de estacas útiles/plantas. En el caso de los tratamientos de enraizamiento, las variables evaluadas fueron: número de estacas enraizadas, sobrevivencia y número de raíces primarias (RP).

La evaluación de las minicepas se efectuó cada 60 y 120 días y el enraizamiento de las estacas a los 45-60 días de iniciado el tratamiento inductivo.

## **Resultados**

### ***Cordia trichotoma***

Los resultados indicaron el potencial de rebrote de las minicepas de *Cordia trichotoma*, obteniéndose una sobrevivencia promedio de 70%, y un promedio de 4.3±3.10 estacas/planta, cada 60 días (**Imagen 1**), lo que implica una producción promedio anual de aproximadamente 770 estacas/m<sup>2</sup> considerando solamente 3 cosechas anuales (en octubre, diciembre y febrero).

El análisis estadístico, reveló diferencias significativas en la sobrevivencia, el porcentaje de enraizamiento y número de raíces laterales primaria (RP) para los diferentes tratamientos inductivos utilizados para el enraizamiento de *Cordia trichotoma* (p-value: 0,0001;  $\alpha=0,05$ ). Las estacas tratadas con 400 ppm de AIB (400 IBA) presentaron los valores más altos de porcentaje de sobrevivencia y enraizamiento y número de raíces laterales primarias (Tabla 1, Imagen 2). En las estacas tratadas con agua, sin aplicación de auxinas, se observó respuesta al enraizamiento, no obstante, con valores más bajos que los tratamientos con 400 ppm AIB (**Tabla 1, Imagen 2**).

La sobrevivencia y la frecuencia de enraizamiento variaron de un 75±8,9% cuando las estacas fueron tratadas con IBA (400 AIB), a un 25±9.47% en las estacas tratadas con AGUA o DIRECTAS presentaron un 25±9.0% (Tabla 1). El número de raíces laterales primarias (RP) varió de un promedio de 7.6±1.36 raíces primarias en estacas inducidas con 400 ppm AIB (400AIB), a un promedio mínimo de 0,8±0,35 raíces en el tratamiento de inserción DIRECTA (**Tabla 1**).

Tabla 1. Efecto de los tratamientos de inducción en miniestacas de *Cordia trichotoma*, promedios y error estándar para las variables porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento, y raíces laterales primarias (RP).

Table 1. Effect of induction treatments in minicuttings of *Cordia trichotoma*, means and standard errors for survival and rooting rate, and number of primary roots (PR).

Tratamientos	Repeticiones	Variables	Promedio	Error estándar
400 IBA	40	Sobrevivencia (%)	75a	8,90
		Enraizamiento (%)	75a	8,90
		Raíces primarias (nro.)	7,6a	1,36
AGUA	40	Sobrevivencia (%)	25b	9,50
		Enraizamiento (%)	25b	9,94
		Raíces primarias (nro.)	2,0b	0,81
DIRECTA	40	Sobrevivencia (%)	25b	9,93
		Enraizamiento (%)	25b	9,93
		Raíces primarias (nro.)	0,8b	0,35



Imágen 1: Rebrote de minicepas de *Cordia trichotoma*  
Image 1: *Cordia trichotoma* ministumps sprout



a) AIB 400 ppm

b) AGUA

Imágen 2. Estaca de *Cordia trichotoma* enraizada con 400 ppm de AIB y con AGUA  
Image 2. *Cordia trichotoma* rooted cuttings with IBA 400ppm and water

### *Peltophorum dubium*

Las mincepas de *Peltophorum dubium*, presentaron una sobrevivencia promedio de 85%, y un promedio de 5,148±2,27 estacas/planta, cada 60 días (**Imágen 3**), lo que implica una producción promedio anual de aproximadamente 927 estacas/m<sup>2</sup>, considerando solamente 3 cosechas anuales (en octubre, diciembre y febrero).

El análisis de los resultados demostró diferencias significativas en la capacidad de enraizamiento (%ENRAIZ), sobrevivencia (SOBRE) y número de raíces laterales (RP) para los tratamientos inductivos ensayados (p-valor: 0.0001;  $\alpha=0,05$ ). Las estacas de posición apical y basal, sin aplicación de IBA, con inserción directa en el sustrato de enraizamiento (DIRECTA) presentaron un promedio de un 80±9.80% y un 75±8.24% de enraizamiento, respectivamente, no observándose diferencias significativas entre estacas apicales y basales (**Imágen 4, tabla 2**). Mientras que las estacas tratadas con 400 ppm de IBA, presentaron un 20±4.48% de enraizamiento en estacas apicales y 0% en estacas basales. (**Tabla 2, imágen 4**). El número de raíces primarias (RP) varió de 5.3±0.967 en estacas sin aplicación de IBA, con inserción directa en el sustrato de enraizamiento (DIRECTA) a 2.0±1.41 en estacas tratada con 400 ppm de IBA.

**Tabla 2.** Efecto de los tratamientos de inducción en miniestacas de *Peltophorum dubium* (Caña fistola), promedios y error estándar para las variables porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y número raíces primarias (RP).

**Table 2.** Effect of induction treatments in minicuttings of *Peltophorum dubium* (caña fistola), means and standard errors for survival and rooting rate, and number of primary roots (PR).

Tratamientos	Repeticiones	Variables (%)	Promedio	Error estándar
Estaca Apical Sin IBA	40	Sobrevivencia	90a	9.65
		Enraizamiento	80a	9.80
		RP	5.3a	0.96
Estaca Apical Con IBA	40	Sobrevivencia	20b	4,48
		Enraizamiento	20b	4.48
		RP	2.0b	1.41
Estaca basal sin IBA	40	Sobrevivencia	80a	8,24
		Enraizamiento	75a	8.24
		RP	3.3ab	1.13
Estaca Basal con IBA	40	Sobrevivencia	0	0
		Enraizamiento	0	0
		RP	0	0



**Imágen 3:** manejo de minicepas de *Peltophorum dubium*

**Image 3:** *Peltophorum dubium* ministump management





**Imágen 4:** Estacas de *Peltophorum dubium* enraizadas sin IBA.  
**Image 4:** *Peltophorum dubium* rooted cuttings without IBA

***Myrocarpus frondosus* (Incienso)**

Las minicepas de *Myrocarpus frondosus*, presentaron una sobrevivencia promedio de 90%, y un promedio de  $5,00 \pm 3,61$  estacas/planta, cada 60 días (**Imágen 5**), lo que implica una producción promedio anual de aproximadamente 900 estacas/m<sup>2</sup>, considerando solamente 3 cosechas anuales (en octubre, diciembre y febrero).

La evaluación de los ensayos enraizamiento indicó diferencias estadísticamente significativas tanto para la variable sobrevivencia, como enraizamiento, demostrando que el mayor porcentaje de enraizamiento se obtiene cuando utilizamos estacas con hojas, sin aplicación de IBA, con un promedio de un  $90 \pm 7.78\%$  de enraizamiento, mientras que en las estacas con hojas, pero con aplicación de IBA, el enraizamiento bajo a  $10 \pm 6.57\%$ . En las estacas sin hojas, tanto con o sin aplicación de IBA se obtuvo un 0% de enraizamiento y sobrevivencia. (**Tabla 3, imágen 5**). En número de raíces primarias no presento diferencias significativas entre las estacas a las cuales sin aplicación de IBA o con IBA, obteniéndose  $5.56 \pm 0.57$  y  $6.25 \pm 0.25$  raíces primarias respectivamente.

**Tabla 3.** Efecto de los tratamientos de inducción en miniestacas de *Myrocarpus frondosus* (Incienso), promedios y error estándar para las variables porcentaje de sobrevivencia, enraizamiento y numero de raíces primarias (RP). **Table 3.** Effect of induction treatments in minicuttings of *Myrocarpus frondosus* (Incienso), means and standard errors for survival and rooting rate, and number of primary roots (PR).

Tratamientos	Repeticiones	Variabes (%)	Promedio	Error estándar
<b>Estaca con hoja Sin IBA</b>	40	Sobrevivencia	90a	7.78
		Enraizamiento	90a	7.78
		RP	5.56a	0.57
<b>Estaca con hoja Con IBA</b>	40	Sobrevivencia	40b	6.57
		Enraizamiento	40b	6.57
		RP	6.25a	0.28
<b>Estaca sin hoja Sin IBA</b>	40	Sobrevivencia	0	0
		Enraizamiento	0	0
		RP	0	0
<b>Estaca sin hoja con IBA</b>	40	Sobrevivencia	0	0
		Enraizamiento	0	0
		RP	0	0



**Imágen 5: Manejo de minicepas y estacas enraizadas de *Myrocarpus frondosus***  
**Image 5: *Myrocarpus frondosus* ministumps and rooted cuttings**

### **Discusión y Conclusión**

La propagación vegetativa a escala comercial, se ha convertido sin duda, en una herramienta importante para aumentar la competitividad de la industria forestal, como se utiliza en los programas intensivos de propagación clonal de Eucaliptus en Brasil (Assis et al, 2004). Al mismo tiempo, se ha convertido también en una herramienta ineludible en los programas de conservación de la diversidad genética no solo para las poblaciones base en los sucesivos de ciclos de mejora, sino también como herramienta de rescate en los programas de conservación de recursos filogenéticos en riesgo.

En general la alta tasa de sobrevivencia y rebrote en plantines convertidos a plantas madres para las especies estudiadas en un ciclo de 2 años, nos demuestra que las mismas, pueden ser cultivadas y manejadas con el sistema de minicepas, en concordancia con lo observado por Wendling *et al* (2010) en *Liquidambar styraciflua*, *Eucalyptus grandis*, *Ilex paraguariensis* (Wendling *et al.*, 2010; Assis *et al.*, 2004; Titon *et al.*, 2003 y Wendling *et al.*, 2007). No obstante, aunque la tasa de producción de miniestacas resulta aun menor a los datos publicados para *Eucalyptus*, en las condiciones estudiadas, los valores promedios permitieron obtener un rango de 770 a 900 estacas/m<sup>2</sup>/año, considerando solo tres colectas al año, correspondiente al periodo septiembre-marzo de mayor temperatura promedio, sin la utilización de sistemas hidropónicos o invernáculos con control de temperatura. Los protocolos de enraizamiento demostraron, para los mejores tratamientos, una capacidad de sobrevivencia y enraizamiento promedio, superior al 70%, en todas las especies estudiadas, destacándose Caña fístola e Incienso por enraizar sin la necesidad de inducción con auxinas, reduciendo de esta manera el costo del proceso. Un porcentaje de enraizamiento igual o mayor a un 70% como el obtenido para todas las especies en el presente trabajo, es el considerado el adecuado para pasar a la fase de propagación vegetativa a escala comercial, lo que implica sin duda una oportunidad para las especies leñosas nativas a la selva paranaense que poseen un nulo o bajo grado de domesticación y en la mayoría de los casos con un tasa de plantación extremadamente baja en comparación con cualquier especie exótica de rápido crecimiento.

El presente estudio demostró que la técnica de minicepas y miniestacas tienen un gran potencial para la producción masiva de clones de *Cordia trichotoma* (Peteribi o loro negro); *Peltophorum dubium* (Caña fistola) y *Myrocarpus frondosus* (Incienso), generando brotes de alta calidad en minicepas, para la producción de miniestacas con alta capacidad de sobrevivencia y enraizamiento. La ventaja de esta metodología es la posibilidad de su extensión a pequeños o medianos viveros, que cuentan con invernáculos en condiciones semicontroladas de humedad y temperatura y sistemas de microaspersión. Resultando así, en una infraestructura de muy baja complejidad y de fácil implementación, sin necesidad de uso de sistemas hidropónicos utilizados para cría de minicepas y estructuras de mayor complejidad para el enraizamiento de miniestacas, utilizados en la mayoría de los viveros de especies leñosas de rápido crecimiento como en el género *Eucalyptus* sp.

### Agradecimientos

Este estudio fue financiado Proyecto Manejo Sustentable de Recursos Naturales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) – Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF 7520 AR)/Proyecto PIA10069 y por el Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Misiones (Convocatoria Especial 2011-Desarrollo Sostenible y Educación).

### Bibliografía

- Assis TF, Fett-Neto AG, Alfenas AC. 2004. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on *Eucalyptus*. In: Walter C, Carson M (Eds.) *Plantation forest biotechnology for the 21st century*, 1st edn. Research Sign Post, New Delhi
- Ezekiel, A. 2010. Viable options and factors in consideration for low cost vegetative propagation of tropical trees. *International Journal of Botany. Asian Network for Scientific Information*.
- Niella, F.; Rocha, P. 2007. Desarrollo de técnicas de macropropagación para: *Araucaria angustifolia* (Bertol.), *Myrocarpus frondosus*, y *Balfaroudendron riedelianum* (Engl). YVYRARETA 14 – Pp.: 41-47.
- Niella, F.; Rocha, P.; Eibl, B.; Bohren, A.; Ayala L.; Conti, P.; Franco, M.; Radins, M. 2013. Desarrollo de técnicas de propagación clonal para la utilización sostenible de especies forestales nativas multipropósitos y/o fijadoras de nitrógeno y productos forestales no madereros Publicado en formato póster en el 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú 2013 (23-27 de Septiembre)
- Rocha, P.; Niella, F. 2013. Macropropagación de *Cordia trichotoma* V. Publicado en formato póster en el 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú 2013 (23-27 de Septiembre).
- Titon, M.; Xavier, A.; Otoni, W. C.; Reis, G. G. 2003. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden. *Rev Árvore* 27:1–7
- Wendling, I.; Dutra, L. F.; Grossi, F. 2007. Sistema semi-hidropónico para condução de minicepas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.) e miniestaquia. *Pesq Agropec Bras* 42:289–292
- Wendling, I.; Brondani, G.; Ferreira Dutra, L. y Hansel, F. 2010. Mini-cuttings technique: a new ex vitro method for clonal propagation of sweetgum. *New Forests* 39:343–353

**SELECCIÓN FENOTÍPICA DE “PETERIBÍ” (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrábida ex Steudel) EN EL NORESTE ARGENTINO**

**PHENOTÍPIC SELECTION OF “PETERIBÍ” (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrábida ex Steudel) IN THE NORTHEAST OF ARGENTINA**

**Rodríguez, Gustavo Hernán <sup>1</sup>**

**Barth, Sara Regina <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> INTA E.E.A. Montecarlo, Av. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. [rodriguez.gustavo@inta.gob.ar](mailto:rodriguez.gustavo@inta.gob.ar), [barth.sara@inta.gob.ar](mailto:barth.sara@inta.gob.ar)

**Resumen**

Se presenta el método de selección fenotípica adoptado para árboles superiores de *Cordia trichotoma*, en la región fitogeográfica argentina “provincia Paranaense”, con destino a la conformación de la población base de su programa de mejora, junto a una discusión de los supuestos asumidos como consecuencia del desconocimiento de su biología reproductiva y características genéticas, agravadas por las condiciones de las fuentes de selección disponibles (ejemplares remanentes en el monte nativo, predios rurales y áreas urbanas).

El método se basa en la selección individual de niveles independientes en combinación con un índice integrador de las distintas características evaluadas. Además de la ponderación arbitraria del índice, la otra modificación consiste en aceptar individuos que presentan alguna característica por debajo del umbral establecido, generando dos grupos de candidatos: los “selectos sobresalientes” y los “superiores para cruzamientos”.

Análisis con marcadores moleculares de los selectos están previstos junto al muestreo de ejemplares de distintas poblaciones, para su caracterización genética con objetivos de conservación, pero que además permitirán rectificar o ratificar el proceso de selección.

**Palabras clave:** árboles superiores nativos, selva paranaense, mejoramiento genético y conservación.

**Summary**

We show the method of phenotypic selection for upper trees of *Cordia trichotoma* in the argentine phytogeographic region, “Paranaense province”, with destination to take shape of the base population of the improvement programme with an argument of the assume supposed as a consequence of the unknown about the reproductive biology and genetics characteristics seriousness for the conditions of the source of selection available (specimen in the forest native, rural zone an urban area).

The method is based in the individual selection of independents levels with combination with a table of contents integrate of the different characteristics evaluated. Moreover of the table of contents arbitrary, the other modification consist in accept individual that present some characteristics under of the established top, to generate two groups of applicants: the “outstanding selects” and the “superior for cross”.

Analyses with molecular makers of the selects are foreseen with the list of specimen of different populations, for their characterization with objectives of preservation genetic but that moreover will allow to continue or to change the selection process.

**Key words:** native tree plus, “selva Paranaense”, genetic improvement, conservation.

## Introducción

A nivel mundial, la reducción bruta del uso de las tierras forestales causado por la deforestación y los desastres naturales en un período de 20 años (15,5 millones de hectáreas anuales) resultó parcialmente compensado por el aumento de la superficie forestal mediante la forestación y la expansión de los bosques naturales (10,2 millones de hectáreas por año) (FAO, 2014).

Uno de los rubros del sector forestal mundial que más ha crecido últimamente es la producción de madera de calidad y se prevé un aumento constante del mismo para los próximos 20 años, siendo el bosque nativo la principal fuente de suministros de maderas nobles. En Argentina, las regiones fitogeográficas tales como Parque Chaqueño, los Bosques Andino-Patagónicos y las Selvas Subtropicales (Yungas y Paranaense), se destacan como proveedoras al mercado interno y externo de este tipo de maderas (Verga, 2012).

El INTA desarrolla tecnología orientada al bosque nativo atendiendo su multiplicidad de usos, no sólo productiva, compatible con el bienestar social y el desenvolvimiento territorial, sino también con la sostenibilidad ambiental. En este contexto, de las Selvas Subtropicales, una de las especies priorizada es el “peteribí” *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrábida ex Steudel, para la cual ya se dispone de tecnología básica para su cultivo y recientemente se ha implementado un programa de mejoramiento genético (PMG), con extensiones en conservación genética (Rodríguez, *et al.*, 2013).

*Cordia trichotoma*, es una especie de ocurrencia espontánea en Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay, llamada vulgarmente “afata”, “picana negra”, “louro pardo” y “peterivy” respectivamente, entre otras denominaciones (Carvalho, 2003). Considerada promisoría para plantaciones, por un conjunto de aspectos favorables tales como: rápido crecimiento, buena forma de fuste y copa (Roman, *et al.* 2009), con potencialidades como recurso fibroso (Nuñez, 2001), óptima para plantaciones heterogéneas destinados a la recomposición de áreas degradadas (Furtado Mendonça, *et al.* 2001) y principalmente por las apreciadas propiedades físicas y mecánicas de su madera, ideal para la elaboración de muebles de calidad (Mantovani, *et al.* 2001).

La alta aceptación de la madera de *C. trichotoma* en el mercado, ha motivado el intensivo aprovechamiento de esta especie en el bosque nativo, lo que ha reducido su disponibilidad en Brasil (Reitz, *et al.* 1988, Lorenzi, 1992, citados por Fick, *et al.* 2007) y motivado trabajos de conservación en el Instituto Florestal de São Paulo (Siqueira *et al.* 1992) y por Embrapa Florestas (Carvalho, 2003). En Argentina su status es indeterminado (Chebez, 1994), con sospechas de estar potencialmente amenazada (Ledesma, 2013).

Para que los programas de mejoramiento y conservación genética sean efectivos, se requiere del conocimiento de la biología reproductiva de la especie de modo completo (incluyendo fenología, sistema sexual, dispersión del polen y semilla, estructura de la población y sistemas de cruzamiento) lo que es muy limitado para la mayoría de las especies

tropicales (Bawa, et al., 1990 citado por Boshier y Lamb, 1997). En el caso de la selva paranaense, aunque los estudios fitosociológicos se han incrementado relativamente en las últimas décadas, la fisiología y biología reproductiva de sus especies es virtualmente desconocida (Rodríguez, *et al.* 2005).

En este contexto, basado en los avances en la domesticación del “peteribí” y la extrapolación de los mayores conocimientos disponibles en *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken, dada la estrecha relación taxonómica existente entre ambas especie (Chase, *et al.* 1995), se ha iniciado su proceso de selección con la prioridad de conformar la población base del PMG, para luego, junto al muestreo de material para su análisis con marcadores moleculares, atender objetivos para su conservación genética.

La selección de árboles plus es la fase más importante de un PMG, ya que el conjunto de árboles seleccionados será la base de futuras generaciones de bosques y sobre ellos se harán todas las inversiones del Programa (Droppelmann, 1999) y en nuestro caso, nos obliga a establecer una relación de compromiso entre lograr genotipos sobresalientes en las características deseadas y mantener la variabilidad genética poblacional íntegra, que nos permita cumplir con los objetivos de mejora y conservación, respectivamente.

Los objetivos del presente trabajo son presentar el método de selección adoptado para *C. trichotoma*, en su etapa inicial, junto a una discusión de los supuestos asumidos para afrontar su implementación.

## Material y método

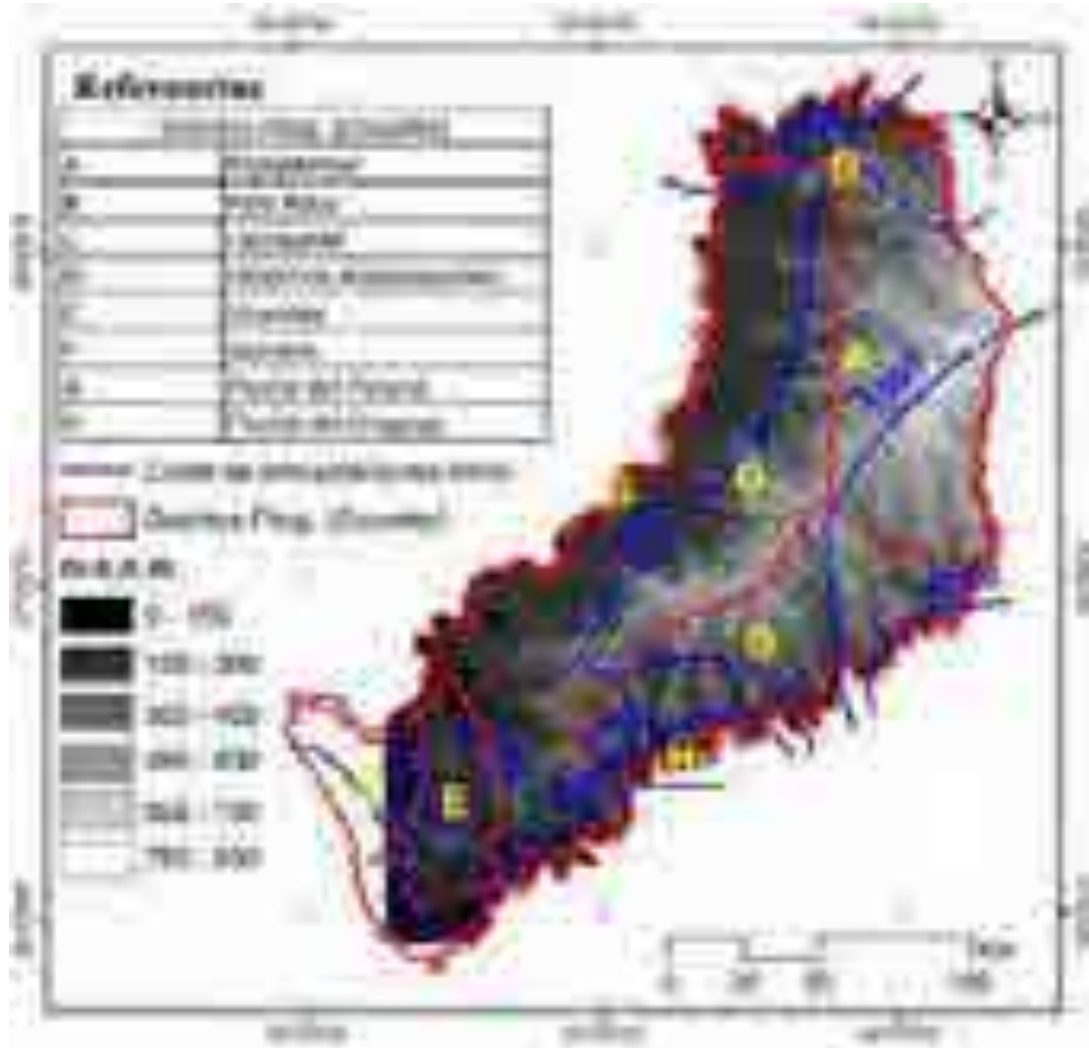
El PMG atiende dos objetivos principales: generar, en cantidades suficientes, para usos operacionales, materiales con características sobresalientes para producción de madera de alta calidad y contribuir a identificar poblaciones de valor estratégico para la conservación de la especie (Rodríguez *et al.* 2013).

El área de trabajo, en esta fase, comprende toda la provincia de Misiones y Noreste de Corrientes que de acuerdo con Cabrera (1980), corresponde a la provincia fitogeográfica Paranaense. Se consideran poblaciones espontáneas e implantadas de *C. trichotoma*, halladas en la región.

La provincia de Misiones, se zonifica en ocho áreas siguiendo el criterio de Martínez Crovetto (1963): Planaltense, Palo rosa, Lauraceae, Helechos arborescentes, Urunday, Campos, Fluvial del Paraná y Fluvial del Uruguay (Figura 1), mientras que el área correntina se la considera como una unidad.

Se emplea el “método de valoración individual” (Ipinza, 1998), en combinación con “valores independientes de caracteres” (Zobel y Talbert, 1992), para finalmente elaborar un índice integrador de las características evaluadas (Vallejos *et al.*, 2010).

**Figura 1: Zonificación de la provincia de Misiones (Martínez Crovetto, 1963) e isohietas.**  
**Figure 1: Divided in areas in the province of Misiones (Martínez Crovetto, 1963) and isohietas.**



En la selección individual los caracteres evaluados están priorizados en el siguiente orden: altura total (Ht), diámetro altura de pecho (DAP), crecimiento monopodial (CM), rectitud de fuste (RF), proporción de duramen (D), tamaño de copa (C) y ramificación (R), con umbrales mínimos de aceptación para cada variable.

Por último, se ordenan los pre selectos de acuerdo a su revaloración en función de las condiciones de sitio, datos que completan la ficha de evaluación (Tabla 1), y se elaboran dos listas, una de ejemplares con destino a la población de selección y otra con individuos para la conformación de la población base del programa de mejora y/o para conservación.

**Tabla 1. Ficha de selección para *Cordia trichotoma***

**Table 1. Selection card to *Cordia trichotoma***

Localización				
Ubicación geográfica (GPS):		Fecha:		
Zona:				
Establecimiento:		Responsable:		
Características sitio				
Sup. Rodal (ha):				
Tipo de suelo:		Vegetación:		
Datos árbol candidato				
Altura total (m):				
DAP (cm):				
Fuste (m):				
Variable cualitativa	1: óptimo	2: bueno	3: regular	4: indes.
Rectitud Fuste (RF)				
Crecimiento Monopodial (CM)				
Proporción Duramen (D)				
Tamaño Copa (C)				
Ramificación (R)				
Sanidad:				
Calidad final:				
Croquis del lote / rodal		Croquis ubicación árbol		

Simultáneamente, se toman muestras de 30 ejemplares por población, definidos en base a la zonificación y condiciones locales, con el objeto de su caracterización genética por medio de marcadores moleculares. Una complementación entre los trabajos de mejoramiento y conservación está prevista para el ordenamiento de los recursos genéticos y al PMG brindará, más allá de la confiabilidad y precisión de la información, ventajas operativas al reducir los plazos y el tamaño de las distintas poblaciones a manejar (Población de Selección, Población de Mejoramiento, Población de Producción).

## Resultados y discusión

En esta etapa inicial del proceso de selección, se ha zonificado la región con el objeto de asociar alguna condición singular del ambiente (edáfica, lumínica, temperatura, humedad, etc.) con las particularidades genéticas de los individuos que allí prosperan (diferenciación ecotípica). En este sentido se reportan diferencias entre procedencias para tolerancia a frío en la región de São Paulo, Brasil (Carvalho, 2003), variaciones en las dimensiones de frutos y semillas en Rio Grande do sul (Felippi *et al.* 2012) y en Misiones, Ar-



gentina, Barth *et al.* 2012, hallaron diferencias dimensionales en longitud de pétalo y diámetro de cáliz.

El método de selección individual se considera el más apropiado de aplicar en rodales nativos, dada la heterogeneidad de los ambientes: rodales disetáneos, multiespecíficos, distribución irregular de los ejemplares, condiciones de sitio cambiantes, etc. Se comienza relevando los individuos de alcance inmediato, correspondientes a todos los ejemplares sanos, de fácil visibilidad y acceso, mayores a 10 años de edad. Tarea en la que participan colegas localizados en las diferentes zonas. Variados trabajos reportan variaciones

Posteriormente, se revisan cada uno de los ejemplares atendiendo el siguiente orden de criterio de selección: para caracteres cuantitativos, los relacionados con superioridad volumétrica, altura total (HT), diámetro altura de pecho (DAP) y altura de fuste (HF). En general los caracteres asociados al crecimiento tienen baja heredabilidad y de ellos la altura total es el menos afectado por el ambiente por lo que se ha priorizado su valoración.

En cuanto a las características cualitativas se aplica un sistema integrado, denominado “calidad” adaptado del trabajo de Murillo y Badilla (2004) citado por Vallejos *et al.* (2010), en la que se unifican los atributos cualitativos relacionados a la producción de madera sólida, de modo ponderado. Para lo cual se generó una escala subjetiva de 4 categorías (1: óptima; 2: buena; 3: regular y 4: indeseable) aplicable a rectitud de fuste, cuya valoración se limita a dos trozas, basal y media (RF), hábito de crecimiento monopodial (CM), tamaño de copa (C), proporción de duramen (D) y ramificación, grosor de ramas y largo de verticilos (R). La ecuación con los pesos asignados a cada variable es:

Calidad final = (RF \* 0.3) + (CM \* 0.3) + (C \* 0.2) + (D \* 0.1) + (R \* 0.1).

La variable “calidad final” genera valores de 1 a 4, siendo “1” el de máxima calidad.

Las máximas ponderaciones son atribuidas atendiendo el objetivo de producir madera de calidad, mientras que “tamaño de copa” esta dimensionado para beneficio de los sistemas agroforestales. La duraminización es un carácter a tener en cuenta, por su importancia tecnológica, pero aún está pendiente de exploración.

Un grado mínimo de defectos es establecido para cada característica (umbral) y todos los individuos por encima de ese nivel integran un grupo, denominado “selectos sobresalientes”. Los que presentan alguna característica por debajo del valor mínimo, constituyen otro conjunto de ejemplares los llamados “superiores parcialmente”. Esta flexibilidad incorporada al método se basa en la sospecha de la alta influencia ambiental en la expresión fenotípica, que induce a seleccionar individuos genéticamente inferiores o a descartar genotipos deseables, conocidos como “error tipo I” y “error tipo II”, respectivamente (Vallejos *et al.* 2010). Además, la selección individual intensa para un carácter de alta  $h^2$  debe ser vista con cautela, pues puede provocar la eliminación ó pérdida precoz de alelos responsables por otros caracteres.

Más allá de la comisión de errores, la disponibilidad de dos “jerarquías” de materiales nos posibilita la conformación de la población de producción (huerto semillero) con los selectos sobresalientes, por una parte y por otra, la población base del PMG (ensayos de orígenes/progenies), con la totalidad de los materiales.

Existe una relación taxonómica muy estrecha entre *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken y *C. trichotoma* (Chase, *et al.* 1995), tal es la afinidad entre estas especies de la sección Cerdanae, que algunos autores lo consideran un complejo *C. alliodora* - *C. trichotoma* (Gibbs y Taroda, 1983).

Se sabe de la heterostilia en *C. alliodora* (Boshier y Lamb, 1997) y *C. goeldiana* Huber (Sodero, P. M., 1987), y ahora determinada por Felippi, *et al.* (2012) en *C. trichotoma*. La heterostilia es reconocido como un mecanismo que promueve la alogamia y usualmente es acompañada por un sistema de incompatibilidad que evita tanto la auto ferti-

lización como la fertilización intramorfa. Un fuerte mecanismo de incompatibilidad esporofítico es evidente en *C. alliodora*. (Boshier, D. H. y Lamb, A. T., 1997).

La incompatibilidad afecta decididamente un PMG, al comprometer los niveles de ganancia genética y potenciar los peligros de la endogamia, incrementando fuertemente el tamaño de las poblaciones y en consecuencia el número de selecciones necesarias. En el PMG, aunque los problemas se presentarán en el mediano plazo, cuando se inicien los cruzamientos controlados, ya en esta etapa inicial habría que contemplarla en el diseño de los ensayos de progenies que serán manejados con polinización abierta.

### Consideraciones finales

Es indispensable la determinación de la magnitud y tipo de incompatibilidad en *C. trichotoma*.

Los selectos sobresalientes de la población de producción, pueden destinarse a la silvicultura clonal.

La captura de la mayor variabilidad existente en las poblaciones de muestreo es la prioridad en esta etapa inicial.

La incorporación de interesados en “peteribí”, tanto en la conservación como en su mejoramiento genético es necesaria para potenciar y garantizar la continuidad de los programas. Estos son abiertos y flexibles lo que facilita la locación de recursos, independientemente de su procedencia (personas, empresas o instituciones).

### Agradecimientos

A la Lic. Pamela Alarcón, Ing. Ftal. Cristian Rotundo e Ing. Agr. Fabio Wiss por la colaboración a campo y al Ing. Ftal. Luis Ritter por las discusiones sobre zonificación.

### Bibliografía

- Barth, S. R., Alarcón, P. C., González, P. A., Agostini, J. P., Miranda, D. 2012. Morfobiometría de fruto y poder germinativo de *Cordia trichotoma* según zona de origen. Jornadas Científico Tecnológicas del 40° Aniversario de la UNaM. 15-17, mayo 2013. Posadas, Misiones. Argentina.
- Boshier, D. H., Lamb, A. T. 1997. *Cordia alliodora*. Genética y Mejoramiento de Árboles. Tropical Forestry Papers n° 36. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford.
- Carvalho, P. E. R. 2003. Espécies Arbóreas Brasileiras. EMBRAPA. Brasília, DF. v1, 1039 pág.
- Chase, M. R., Boshier, D. H., Bawa, K. S. 1995. Population genetics of *Cordia alliodora* (Boraginaceae), a neotropical tree. 1. Genetic variation in natural populations. American Journal of Botany 82(4): pág. 468-475.
- Chebez, J. C. 1994. Los que se van. Especies argentinas en peligro. Ed. Albatros. 604 pág.
- Dropelmann, F. 1999. Inicio de un programa de mejoramiento genético. Pauta para la selección de árboles plus de primera generación en bosques de *Pinus radiata*. Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal. UACH/CONAF/Empresas Forestales. Pauta Técnica n°5.1.
- Felippi, M., Mafra, Ch. R. B., Cantarelli, E. B., Araújo, M. M., Longhi, S. J. 2012. Fenología, morfología e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. Ciência Florestal, v22, n°3: pág. 631-641.
- Fonseca, S. M. da, Kageyama, P. Y. 1978. Bases genéticas e metodología para seleção de árvores superiores de *Pinus taeda*. IPEF n17, pág. 35-59.
- Fick, T. A., Bisognin, D. A., Quadros, K. M. de 2007. Estabelecimento e crescimento *in vitro* de plântulas de louro-pardo. Ciência Florestal, v17, n°4: pág. 343-349.
- Furtado Mendonça, et al. 2001. Revista Brasileira de Sementes, v23, n2.
- Gibbs, P. E., Taroda, N. 1983. Heterostyly in the *Cordia alliodora* – *C. trichotoma* complex in Brazil. Revista Brasileira de Botânica 6: 1-10.
- Ipinza, R. 1998. Método de selección árboles plus. En Curso Mejora Genética Forestal Operativa. Apuntes n°1. 16 – 21 noviembre 1998, Valdivia, Chile. Ipinza, R., Gutiérrez, B., Emhart, V. (Eds).
- Ledesma, T. 2013. Las especies del género *Cordia* en el noroeste de Argentina: Conservación *in situ* y *ex situ*. En: Actas del 4° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Puerto Iguazú, 23-27 septiembre, 2013. [http://www.congresoforestal.org.ar/presentaciones\\_cfayl\\_2013.rar](http://www.congresoforestal.org.ar/presentaciones_cfayl_2013.rar)

- Mantovani, N. C., Franco, E. T. H., Vestena, S. 2001. *Ciência Florestal*, v11, n2: pág. 93-101.
- Martínez Crovetto, R. 1963. Esquema fitogeográfico de la provincia de Misiones (República Argentina). *Bonplandia*, tomo I, n°3, 53 pág.
- Murillo, O., Badilla Y. 2004. Evaluación de la calidad y estimación del valor en pie de la plantación forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR. Cartago, Costa Rica. 50 p.
- Núñez, C. E. 2001. La madera de peteriby, *Cordia trichotoma*, (Vell) Johns., como recurso fibroso. II Morfología fibrosa, estudio de poblaciones y relación entre parámetros biométricos. *Revista de Ciencia y Tecnología* 4, n°4ª:27-32. UNaM.
- Rodríguez, G. H., Barth, S. R., Alarcón, P. C. y Fornés, L.F. 2013. Estrategia de mejora en *Cordia trichotoma* como parte del proceso de su domesticación. *En: Actas del 4º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*. Puerto Iguazú, 23-27 septiembre, 2013. [http://www.congresoforestal.org.ar/presentaciones\\_cfayl\\_2013.rar](http://www.congresoforestal.org.ar/presentaciones_cfayl_2013.rar)
- Rodríguez, M. E., Cardozo, A., Ruiz Díaz, M. y Prado, D. E. 2005. Los bosques nativos misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas. *En: Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Compiladores: Arturi, F.; Frangi, J. L. y Goya, J. L. Presentación Multimedia. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata., EDULP.
- Román, M., Bressan, D. A., Durlo, M. A. 2009. Variáveis morfométrias e relações interdimensionais para *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. *Ciência Florestal*, v19, n4: pág. 473-480.
- Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F., Murillo, O. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agronomía Costarricense* 43 (1):115-119. [www.mag.go.cr/rev\\_agr/index](http://www.mag.go.cr/rev_agr/index).
- Verga, A. 2012. Programa Nacional – Forestales. Proyecto Específico: Mejoramiento Genético de Especies Forestales Nativas de Alto Valor. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ([www.inta.gob.ar/forestales/proyectos](http://www.inta.gob.ar/forestales/proyectos)).
- Zobel, B. J., Talbert, J. T. 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa pág. 545.

## PERÍODOS SECOS Y HÚMEDOS EN LA REGION NO DE MISIONES

### DRY AN WET PERIODS IN NOREASTERN REGION OF MISIONES

Silva, Fidelina<sup>1</sup>; Eibl, Beatriz<sup>1</sup>; Bobadilla, Elisa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docentes de la Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones. Contacto: fidelina16@gmail.com

#### Resumen

Este trabajo presenta el balance hídrico para la localidad de Eldorado, Misiones, utilizando la combinación de los métodos de Thornthwaite-Mather y el balance hídrico seriado para el período 1985-2011. Los resultados muestran que existen dos épocas en el año donde el almacenamiento de agua del suelo se reduce y no es suficiente para satisfacer la demanda atmosférica, la primera ocurre durante el mes de agosto, y la segunda de mayor duración entre noviembre y abril, inclusive. En el período de 27 años analizados, 14 de ellos presentaron situaciones de déficit en el período que va desde finales de la primavera hasta principios de otoño. Uno de cada 4 años los meses de enero, febrero, marzo, abril, agosto, noviembre y diciembre presentaron situaciones de equilibrio y déficit hídrico, siendo más marcado en los meses de marzo y diciembre.

**Palabras clave:** *evapotranspiración, déficit, excesos, almacenaje, método de Thornthwaite y Mather.*

#### Summary

By combining the Thornthwaite-Mather and serial methods this paper presents the water balance for Eldorado City, Misiones, for 1985-2011. The results show that there are two times in the year where the soil water storage is reduced and is not sufficient to meet the atmospheric demand. The first period occurs during August, and the second period, longer than the previous, between November and April. Over the 27 years, 14 of them showed water stress condition in the period from late spring to early fall. One of every four years January, February, March, April, August, November and December showed equilibrium and water stress conditions, being more marked in March and December.

**Key words:** evapotranspiration, water deficit and surplus, soil water storage, Thornthwaite & Mather's method.

#### Introducción

En los últimos 15 años los problemas de la escasez de agua en la provincia de Misiones se han convertido en titulares frecuentes de los periódicos locales (Noticia, 2012). En el año 2004 se produjo la sequía más severa de los últimos 70 años desde noviembre a marzo sólo se produjo una lluvia de 55 mm entre enero y febrero (Región Norte Grande, 2004, Misiones Online, 2005). La región subtropical de Argentina presenta frecuentes períodos tanto de excesos como de déficit en distintas épocas del año. Los efectos de las sequías que se producen en las épocas cálidas son los más trascendentes ya que no solo afectan la provisión de agua para la producción sino también para el propio consumo humano

(Ferreira & Lamas, 2005). Por otro lado la sequía en los periodos fríos del año puede intensificarse cuando se producen las heladas invernales, ya que la humedad atmosférica es muy baja produciéndose el tipo de helada más dañina de la región denominada helada negra (Misionescuatro, 2012).

Desde el punto de vista agroclimático el uso de las metodologías del balance hídrico del suelo ha sido ampliamente reconocido por su efectividad para caracterizar climáticamente patrones de déficit y excesos hídricos en una región (Rodríguez y De La Casa, 1990, Raveloet *et al.*, 1997, Paris *et al.*, 2002). El balance hídrico es una cuantificación de la cantidad de agua que ingresa y egresa desde el suelo en un determinado periodo de tiempo (Chang, 2006). La precipitación, la evapotranspiración y la presencia de la vegetación han sido reconocidas como los principales factores en el ciclo del agua de una cuenca. Thornthwaite (1948) reconoció en su obra temprana que la precipitación no podía ser la única variable que afectaba la escorrentía, argumentando que la cantidad de agua perdida por evaporaciones importante y debía ser medida regularmente como se hacía con la precipitación. Thornthwaite y Mather (1955) en base a estudios empíricos propusieron la metodología de balance hídrico a partir de datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial, que se ajustó de acuerdo a la capacidad de retención de almacenamiento del suelo que ha sido y es utilizada para describir climáticamente los aspectos del agua en el suelo de una región. Pascale y Damario (2004) propusieron el balance hídrico seriado el cual tiene como finalidad cuantificar la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de déficit, excesos y equilibrios en una determinada región. Es en base a la combinación de estos métodos que el presente trabajo tuvo como objetivos a) describir las características del balance hídrico a nivel climático y meteorológico, y b) identificar patrones climáticos de ocurrencia de eventos de déficit y excesos hídricos con la finalidad de ser utilizadas como herramientas para la toma de decisiones en el manejo de los recursos hídricos de la región de Eldorado.

## Material y métodos

*Los datos utilizados corresponden a las observaciones realizadas en 2 sitios de la ciudad de Eldorado, provincia de Misiones en el marco del proyecto Bases de Datos Meteorológicos Regional (Eiblet *et al.*, 2013). Los registros del período 1985 hasta 1998 provienen de la estación meteorológica ubicada en el aeródromo Eldorado (26° 23' 34.6 S, 54° 34' 34.2 O); mientras que los registros del período 2001-2011 corresponden a la estación meteorológica auxiliar ubicada a la altura del kilómetro 8 de la ciudad (26° 25' 5.2 S, 54° 37' 14.3 O). El período de datos faltantes 1999-2000 se completó con los registros de la localidad de Montecarlo, brindados por el área de Agrometeorología de la EEA del INTA Cerro Azul. El proceso de llenado de la serie de Eldorado se realizó siguiendo el método de correlación, descrito en Silva *et al.*, (2008).*

La localidad pertenece al clima tipo **Cfa** (templado húmedo, con ausencia de estación seca y con una temperatura media para el mes más cálido superior a 22 °C según Köppen, y **B4r B'4** (húmedo, con nula o poca deficiencia de agua, mesotermal, con una concentración estival de la eficiencia térmica menor al 48%) según fórmula de Thornthwaite, 1948 (Silva *et al* 2008).

La zona de influencia de los registros meteorológicos se encuentra en el sector noreste de la provincia de Misiones. El relieve es ondulado, paisaje denominado pediplano paranaense con una altura media sobre el nivel del mar desde los 100 m en el sector oeste hasta 120 msnm en su sector este, con erosión hídrica potencial moderada-alta. El tipo de suelo predominante corresponde al orden Ultisols, suborden Kandudultes (INTA, 1990).

### **Balance hídrico**

Según Thornthwaite y Mather (1955), el balance hídrico de una superficie natural vegetada considera el cambio de contenido de humedad del suelo debido a la relación entre la cantidad de agua que ingresa debido a la precipitación y a la cantidad de agua que egresa debido a la evapotranspiración del sistema suelo-planta. En esta relación intervienen las características particulares del suelo que definen la capacidad máxima de retención hídrica; para la región de estudio se utilizó el valor de 300 mm (basado en Tabla n° 10 de Thornthwaite y Mather, 1957, y los trabajos de Guerra, 1980 y Pascale y Damario, 2004).

Una vez obtenidos los valores mensuales de déficit, exceso y equilibrio se utilizó el método de Pascale y Damario (2004), con el objetivo de estimar la probabilidad de ocurrencia de cada una de estas situaciones hídricas del suelo.

### **Análisis estadístico**

Los valores medios mensuales de temperatura del aire se calcularon a partir de las temperaturas medias diarias, que a su vez fue obtenido a partir de los registros de temperaturas máximas y mínimas diarias. Mientras que la precipitación media mensual corresponde al promedio de las lluvias acumuladas en cada mes del periodo de años de observación, siendo el tamaño de muestra para cada mes de 27 (años).

Con el propósito de estimar las probabilidades mensuales de ocurrencia de los eventos excesos, déficit, y equilibrios, estos tres resultados se agruparon en series mensuales, resultando un conjunto de datos con valores positivos (excesos), negativos (déficit), y equilibrio (0, cero). Luego cada serie mensual se sometió a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificada utilizando el software Infostat (Di Rienzo et al, 2008). Posteriormente, se calcularon los estadísticos descriptivos para los valores mensuales: media, desvío estándar, mediana, percentil 25, y percentil 75.

Para analizar la normalidad del conjunto de datos de evapotranspiración potencial (Etp) y evapotranspiración real (Etr) mensuales, se consideró a cada una de ellas independientemente, de esta manera que se consideraron 27 muestras de valores de Etp para cada mes del año, del mismo modo que para la Etr. Posteriormente se obtuvieron los estadísticos media y desvío estándar para el período de observación. Finalmente para detectar diferencias significativas entre los valores medios mensuales de Etp y Etr, se realizó la prueba t para muestras apareadas sobre 12 muestras (meses) de 27 pares de datos (Etp y Etr).

### **Resultados y Discusión**

La **tabla n° 1** muestra el resultado del procesamiento estadístico de los valores temperatura media diaria del aire y precipitación diaria acumulada mensualmente durante el período 1985-2011. Las cifras son valores promedios y entre paréntesis figuran los desvíos estándares respectivos (La variabilidad presentada por estas variables son explicadas en el trabajo Silva, et al., 2014). Se presentan además, los valores de Etp, Etr y Almacenaje mensuales.

**Tabla n° 1: Valores medios mensuales (y sus respectivos desvíos estándares) de Temperatura media (Tmm, °C), Evapotranspiración potencial (Etp, mm), Precipitación (P, mm), Almacenamiento (Alm, mm), y Evapotranspiración real (Etr, mm); registros meteorológicos período 1985-2011, Eldorado, Misiones.**

Mes	Tmm	P	Alm	Etp	Etr
Ene	26.3 (1.00)	181.6 (84.22)	262.0 (49.65)	154.2 (11.95) a	148.7 (14.23) a
Feb	25.2 (1.35)	173.5 (100.24)	271.1 (44.49)	122.9 (13.06) a	118.7 (16.12) a
Mar	24.6 (1.82)	150.2 (106.77)	255.6 (58.25)	119.0 (17.04) a	110.7 (19.13) b
Abr	21.4 (1.66)	201.4 (122.61)	275.7 (52.8)	80.4 (13.00) a	77.3 (13.05) a
May	17.2 (2.03)	178.4 (110.22)	296.7 (10.6)	47.8 (10.62) a	47.8 (10.63) a
Jun	15.7 (2.04)	155.1 (95.06)	297.7 (8.81)	35.7 (8.16) a	35.5 (7.92) a
Jul	15.3 (2.33)	95.9 (50.95)	297.8 (6.48)	36.0 (11.85) a	36.0 (11.87) a
Ago	17.8 (1.70)	112.2 (81.97)	290.6 (16.72)	52.8 (8.69) a	52.6 (8.49) a
Sep	18.9 (2.05)	160.1 (88.35)	291.9 (23.12)	62.6 (13.15) a	61.8 (12.78) a
Oct	21.9 (1.37)	228.8 (121.05)	292.6 (18.79)	96.7 (11.79) a	96.3 (11.92) a
Nov	23.5 (1.72)	168.1 (94.43)	285.9 (26.92)	116.3 (17.25) a	114.8 (15.15) a
Dic	25.7 (1.47)	161.0 (102.16)	262.0 (46.13)	145.9 (13.61) a	139.4 (15.99) b

Letras minúsculas diferentes entre Etp y Etr indican diferencias significativas a nivel de significancia de 5%.

**Tabla n° 2: Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificada para los valores de Evapotranspiración potencial mensuales (Etp), Evapotranspiración real (Etr), D-ExEq, Déficit, Exceso y Equilibrio hídrico. Notación: X<sub>m</sub>, media aritmética; DE, desvío estándar; Md, mediana; Mín, mínimo valor mensual; Máx, máximo valor mensual; W\*, estadístico de la prueba; p, valor de probabilidad el estadístico; tamaño de muestra, 27 años**

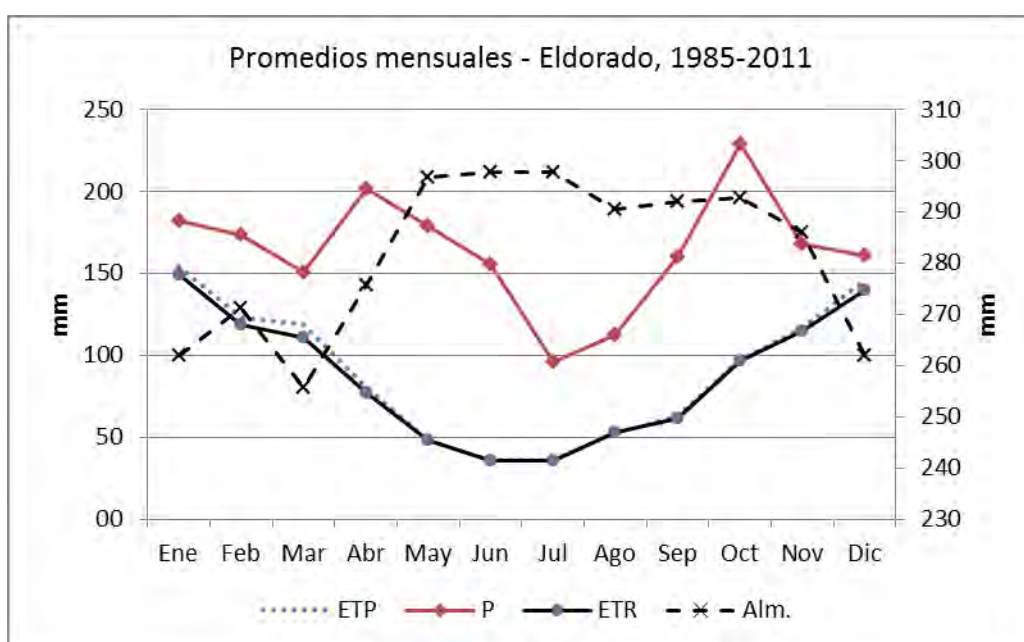
	Etp				Etr				D-Ex-Eq				
	X <sub>m</sub>	DE	W*	p	X <sub>m</sub>	DE	W*	p	Md	Mín	Máx	W*	p
Ene	154,2	12,0	0,95	0,43	148,7	14,2	0,92	0,10	0,0	-47,0	224,0	0,82	<< 0,05
Feb	122,9	13,1	0,94	0,27	118,7	16,1	0,93	0,20	4,0	-36,0	179,0	0,84	<< 0,05
Mar	119,0	17,0	0,97	0,88	110,7	19,1	0,97	0,78	11,0	-60,0	296,0	0,86	0,0022
Abr	80,4	13,0	0,96	0,66	77,3	13,1	0,97	0,87	75,0	-36,0	458,0	0,9	0,0303
May	47,8	10,6	0,96	0,66	47,8	10,6	0,96	0,66	84,0	0,0	335,0	0,86	0,0020
Jun	35,7	8,2	0,99	0,99	35,5	7,9	0,98	0,98	116,0	-3,0	319,0	0,9	0,0469
Jul	36,0	11,9	0,92	0,16	36,0	11,9	0,92	0,15	45,0	-1,0	192,0	0,89	0,0167
Ago	52,8	8,7	0,92	0,13	52,6	8,5	0,93	0,25	41,0	-6,0	294,0	0,84	<< 0,05
Sep	62,6	13,2	0,96	0,66	61,8	12,8	0,95	0,49	95,0	-16,0	383,0	0,9	0,0475
Oct	96,7	11,8	0,92	0,11	96,3	11,9	0,91	0,07	113,0	-9,0	411,0	0,88	0,0112
Nov	116,3	17,3	0,94	0,28	114,8	15,2	0,94	0,31	32,00	-24,0	380,0	0,77	<< 0,05
Dic	145,9	13,6	0,93	0,19	139,5	16,0	0,96	0,72	0,0	-53,0	289,0	0,8	<< 0,05

Se observa que la evolución anual tanto de la Etp como de la Etr coinciden con la evolución de la temperatura media mensual a lo largo del año, ya que es la principal variable causante de la evapotranspiración según el citado método. La prueba de Shapiro-Wilks para el conjunto de datos mensuales de Etp y Etr (**tabla n° 2**), mostraron que sus respectivas distribuciones se ajustan a una distribución normal, por lo tanto la media aritmética es el estadístico conveniente para caracterizarlos mes a mes. La proporción de la Etr respecto a la P mes de julio es de un 0,23, mientras que para el mes de enero la misma es de 0,82.

**Tabla n° 3: Resultados de la prueba de t para datos apareados de Etp y Etr para cada mes (tamaño de la muestra = 27 años), Referencias: Etp-Etr, diferencia de medias entre las variables; DE, desvío estándar para la diferencia de medias; LI y LS, límite inferior y límite superior del intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias; p, valor de probabilidad para el estadístico t de Student,**

	Media (Etp-Etr)	DE (Etp-Etr)	LI(95%)	LS (95%)	p valor
Ene	5,46	12,13	0,660	10,25	0,027
Feb	4,19	9,63	0,380	8,00	0,032
Mar	8,32	14,25	2,680	13,95	0,005
Abr	3,14	8,94	-0,390	6,68	0,079
May	0,01	0,03	-0,002	0,02	0,083
Jun	0,15	0,59	-0,080	0,38	0,189
Jul	0,02	0,12	-0,030	0,07	0,421
Ago	0,17	2,43	-0,800	1,13	0,725
Sep	0,77	3,07	-0,440	1,99	0,201
Oct	0,36	1,71	-0,320	1,04	0,286
Nov	1,53	4,71	-0,330	3,40	0,103
Dic	6,42	11,57	1,840	11,00	0,008

El análisis a nivel de valores medios mensuales de los componentes del balance hídrico, muestra que a partir del mes de noviembre comienza a ser importante la cantidad de agua aportada por el suelo para el proceso de evapotranspiración (**gráfico n° 1**), como puede observarse en la **tabla n°1** donde los valores de Etp y Etr no difieren significativamente. En este mes el agua almacenada todavía contribuye a satisfacer la demanda, sin embargo durante el mes de diciembre el almacenaje llega a su menor valor, siendo las diferencias entre Etp y Etr significativas. El almacenaje de agua en el suelo alcanza otro pico mínimo durante el mes de marzo, donde la diferencia entre Etp y Etr es también significativa. En la **tabla n° 3**, se presentan los resultados completos de las pruebas t para muestras apareadas.

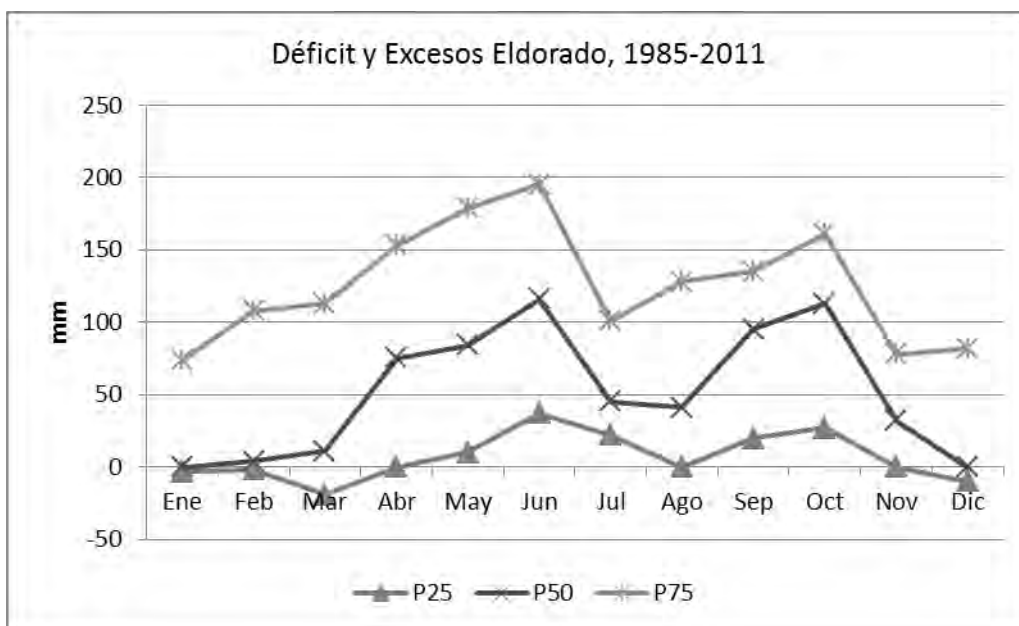


**Gráfico n° 1: Valores medios mensuales de temperatura media (Tmm, °C), Evapotranspiración potencial (Etp, mm), Precipitación (P, mm), Almacenamiento (Alm, mm), y Evapotranspiración real (Etr, mm); registros meteorológicos período 1985-2011 de Estación Eldorado, Misiones,**



En el análisis a nivel de valores medios para el período completo, se observa que los valores de P superan a lo largo del año a los valores de Etp, sin embargo esto no indica que el balance hídrico sea positivo durante todos los meses del año. La curva de almacenaje muestra una variación que va desde valores mínimos en los meses de enero, marzo y diciembre, significando que la demanda atmosférica es complementada con el agua extraída desde el suelo. Las diferencias significativas encontradas en estos meses entre la Etp y la Etr indican que existe un patrón de deficiencia de agua para el período cálido del año. El suelo comienza a almacenar agua a partir del mes de abril, manteniéndose cercano a los valores de capacidad máxima debido a la disminución de la Etp durante desde fines de otoño hasta comienzo de la primavera.

Los valores de los percentiles representados en el **gráfico n° 2** muestran la importancia de las situaciones de déficit y excesos hídricos en cada mes del año. Los valores negativos expresan los milímetros de déficit, los positivos indican excesos, y 0 (cero) indica estado de equilibrio, todos referidos a valores mensuales no acumulados. Analizando la línea del percentil 25, vemos que durante el período de años estudiados, 7 de los meses del año presentaron características hídricas que van desde equilibrio a déficit. El percentil 25 para los meses enero, febrero, marzo, abril, agosto, noviembre y diciembre indica que 1 de cada 4 años estos meses presentaron situaciones de equilibrio y déficit hídrico, siendo más marcado en los meses de marzo y diciembre. Es importante destacar que el momento de equilibrio es de corta duración en esta región donde el principal factor para la evaporación de agua desde el suelo es la temperatura del aire. Los meses de enero, febrero y diciembre, además presentaron 1 de cada 2 años valores de déficit (mediana de las series mensuales).



**Gráfico n° 2:** Percentiles 25, 50 y 75 para la serie de Déficit y Excesos (mm) mensuales correspondientes al período 1985-2011 en Eldorado, Misiones

Una situación diferente es la que presenta los valores de excesos; durante todo los meses del año se observó que el 25% de los años presentaron valores mensuales iguales o mayores a 75 mm, siendo para los meses de abril, mayo, junio y octubre los valores de excesos superiores a 150 mm.

De este análisis podemos rescatar dos elementos importantes para la toma de decisiones con respecto al manejo de los recursos hídricos:

1) existen dos épocas en el año donde el almacenamiento de agua del suelo se reduce y no es suficiente para satisfacer la demanda atmosférica, la primera más corta en agosto, y la segunda de mayor duración entre noviembre, y abril inclusive.

2) durante todos los meses del año existen valores de excesos superiores a los 75 mm, siendo superiores en los meses de invierno, período que podría ser asociado con la época de recarga de los sistemas hídricos de las cuencas internas y de los acuíferos. Esta situación también se ve reflejada en la variación de los valores de almacenaje mostrados en el **gráfico<sup>o</sup>1**.

### **Análisis de los balances hídricos anuales**

En los **gráficos<sup>o</sup>3.a, b, c y d**, se representan los valores de la precipitación acumulada en cada mes de cada año, y los valores de Etp y Etr obtenidos a partir de la metodología de Thornthwaite y Mather. El cruce de las líneas determina áreas de déficit y excesos hídricos; cuando la precipitación supera a la Etp el área representa los milímetros de excesos, mientras que las áreas encerradas por las líneas de Etp y la Etr representan los milímetros de déficit.

En el período de 27 años analizados, 14 de ellos presentaron situaciones de déficit en el período que va desde finales de la primavera hasta principios de otoño (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril). Las deficiencias hídricas más intensas se produjeron en 2004 y 2005 coincidiendo con los registros de eventos de sequía a lo largo de la provincia de Misiones (Región Norte Grande, 2004, Misiones Online, 2005). Los períodos diciembre-marzo de los años 2003-2004 y 2004-2005 tuvieron los menores valores de precipitación, 249,5 y 382,2 mm respectivamente, comparados con una media de 673 mm para el período de estudio.

### **Conclusiones**

El análisis del balance hídrico para la localidad de Eldorado, Misiones, en base al registro meteorológico del período 1985-2011 presentó las siguientes características:

Existen dos épocas en el año donde el almacenamiento de agua del suelo se reduce y no es suficiente para satisfacer la demanda atmosférica, la primera ocurre durante el mes de agosto, y la segunda de mayor duración entre noviembre y abril, inclusive.

En el período de 27 años analizados, 14 de ellos presentaron situaciones de déficit en el período que va desde finales de la primavera hasta principios de otoño (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril).

Durante todos los meses del año existen valores de excesos superiores a los 75 mm, siendo superiores en los meses de invierno, período que podría ser asociado con la época de recarga de los sistemas hídricos de las cuencas internas y de los acuíferos.

### **Agradecimientos**

A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal que han formado parte del equipo como becarios auxiliares.

## ***Bibliografía***

- Di Rienzo, J.A., Casanoves F., Balzarini, M.G., Gonzalez L., Tablada, M., Robledo C.W., 2008. *InfoStat*, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Eibl, B., Silva, F., Bobadilla, E. 2013, Proyecto Base de Datos Meteorológicos acreditado en la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Fac. de Cs. Forestales, Universidad Nacional de Misiones.
- Ferreira, J.D., Lamas, A.V., Azul, I.E., 2005. Organización comunitaria mediante el abastecimiento de agua en el municipio de Arroyo del Medio y zonas aledañas de Misiones. *Compartiendo tecnología*,1(1).
- Guerra, C.A., 1980. Balance hídrico seriado para las localidades de Cerro Azul, Posadas y Cuartel Rio Victoria. Informe Técnico N° 31, EEA Cerro Azul, INTA. 60 p.
- INTA, 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina E 1:500.000 y 1:1000.000. SAGyP, INTA CIRN.-Proyecto PNUD ARG 85/019
- Misionescuatro, 2012. 26 mil productores primarios afectados por la sequía en Misiones. Edición digital de 01/01/2012, <http://www.misionescuatro.com>. Visitado en 8/11/2013.
- Misiones Online, 2005. El INTA precisó los efectos de la sequía. Edición digital de 24/02/2005, <http://www.misionesonline.net>. Visitado en 8/11/2013.
- Moscatelli, G. y Pazos, M.S. 2000. *Soils of Argentina: Nature and Use*, Bangkok, Tailandia, En: I, Kheoruenromne and S, Theerawong (Eds.) *Proceedings of International Symposium on Soil Science: Accomplishments and Changing Paradigm towards the 21st Century*, 81-92.
- Paris, M., DElia, M., Perez, M., & Tujchneider, O., 2002. Análisis estocástico de variables hidrometeorológicas para la estimación de recarga de acuíferos.
- Pascale, A.J., Damario, E.A, 2004. *Bioclimatología agrícola y agroclimatología*. 1ª Ed, Buenos Aires: Ed, Facultad Agronomía, UBA, 550 p.
- Ravelo, A., Ingaramo, P., Zanvetor, R., & Verzino, G., 1997. Evaluación Agroclimática para la Identificación de los Orígenes mas Promisorios de Pinuselliotis para el Valle de Calamuchita, Córdoba. En *Actas del II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*, Misiones.
- Región Norte Grande, 2004. Misiones sufre la mayor sequía en casi 70 años. Edición digital de 01/03/2004, <http://regionnortegrande.com.ar>. Visitado el 08/11/2013.
- Rodríguez, A.R., & de la Casa, A.R., 1990. Regiones hídricas de la República Argentina. *REV. CS. AGROPEC.* (7), p: 31-40, Universidad Nacional de Córdoba.
- Silva, F., Eibl, B., Bobadilla, E., 2008. Características climáticas de la localidad de Eldorado, Misiones, Argentina. En *Actas: 13as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*, Eldorado, 6-8 de junio de 2008.
- Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R., 1955. The water balance. *Climatology*(8)1. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 104p.
- Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Climatology* (10) 1. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 311p.

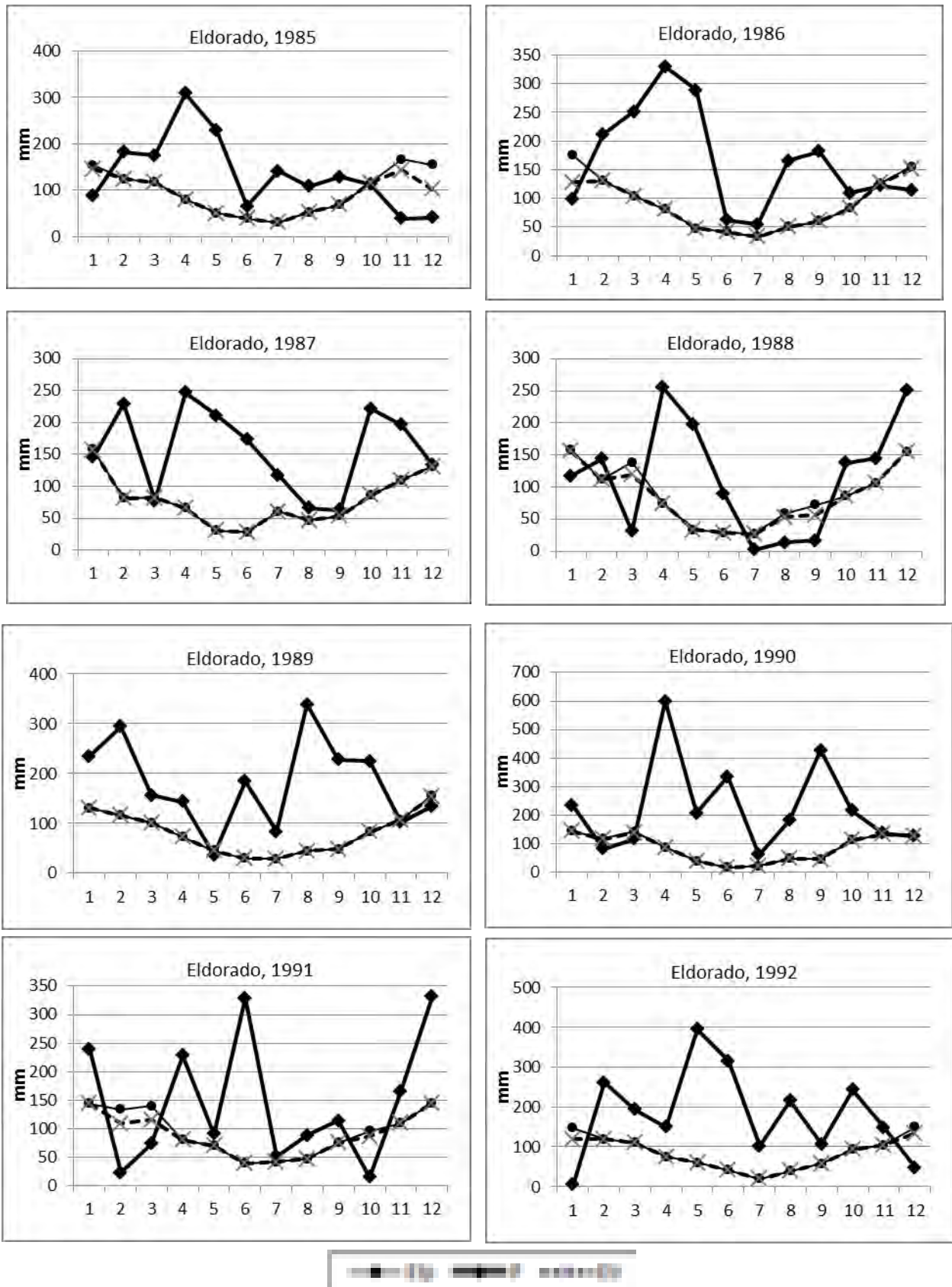


Gráfico n° 3.a.: Balance hídrico para los años 1985 a 1992, Eldorado, Misiones.

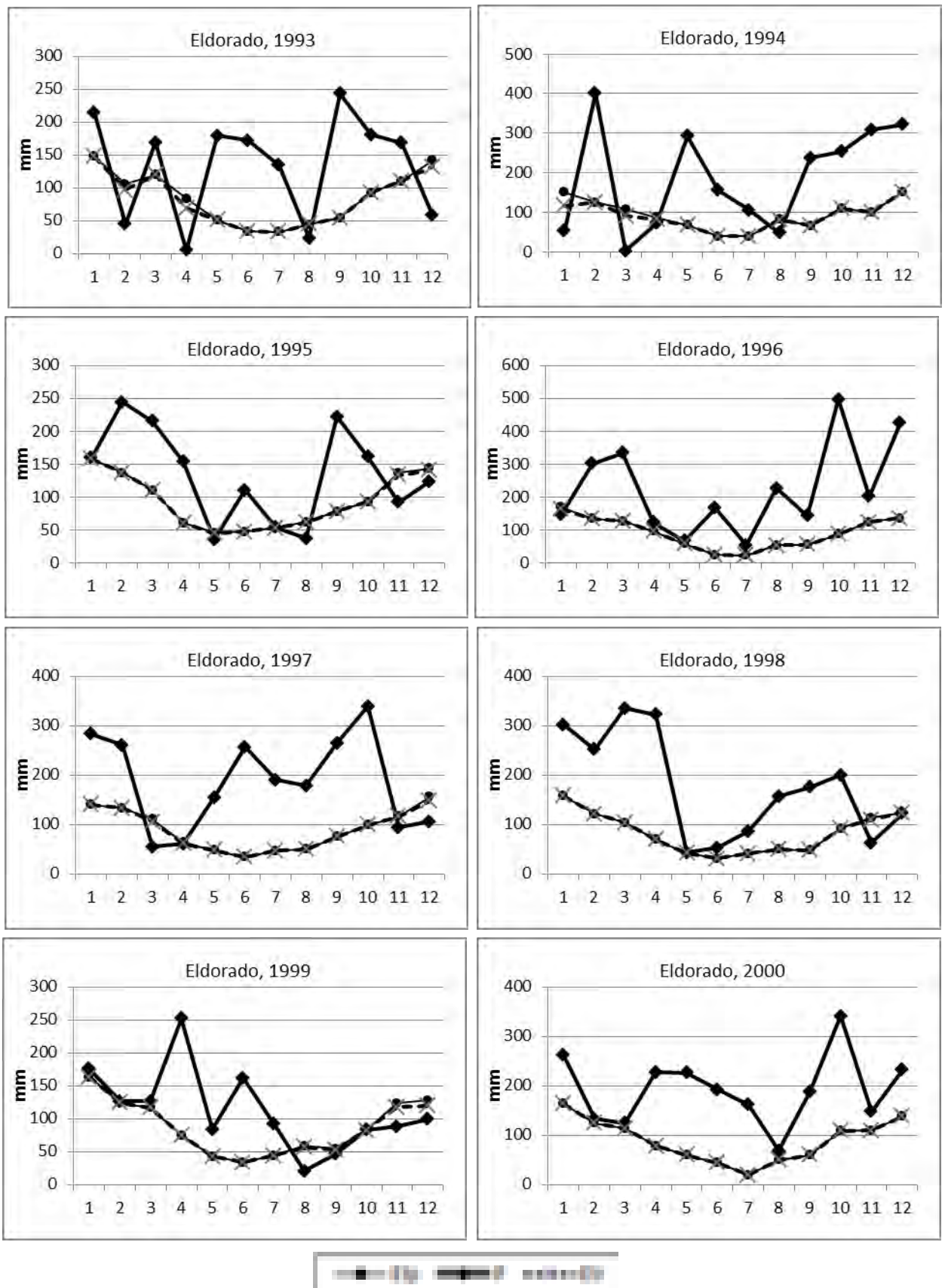


Gráfico n° 3.b.: Balance hídrico para los años 1993 a 2000, Eldorado, Misiones.

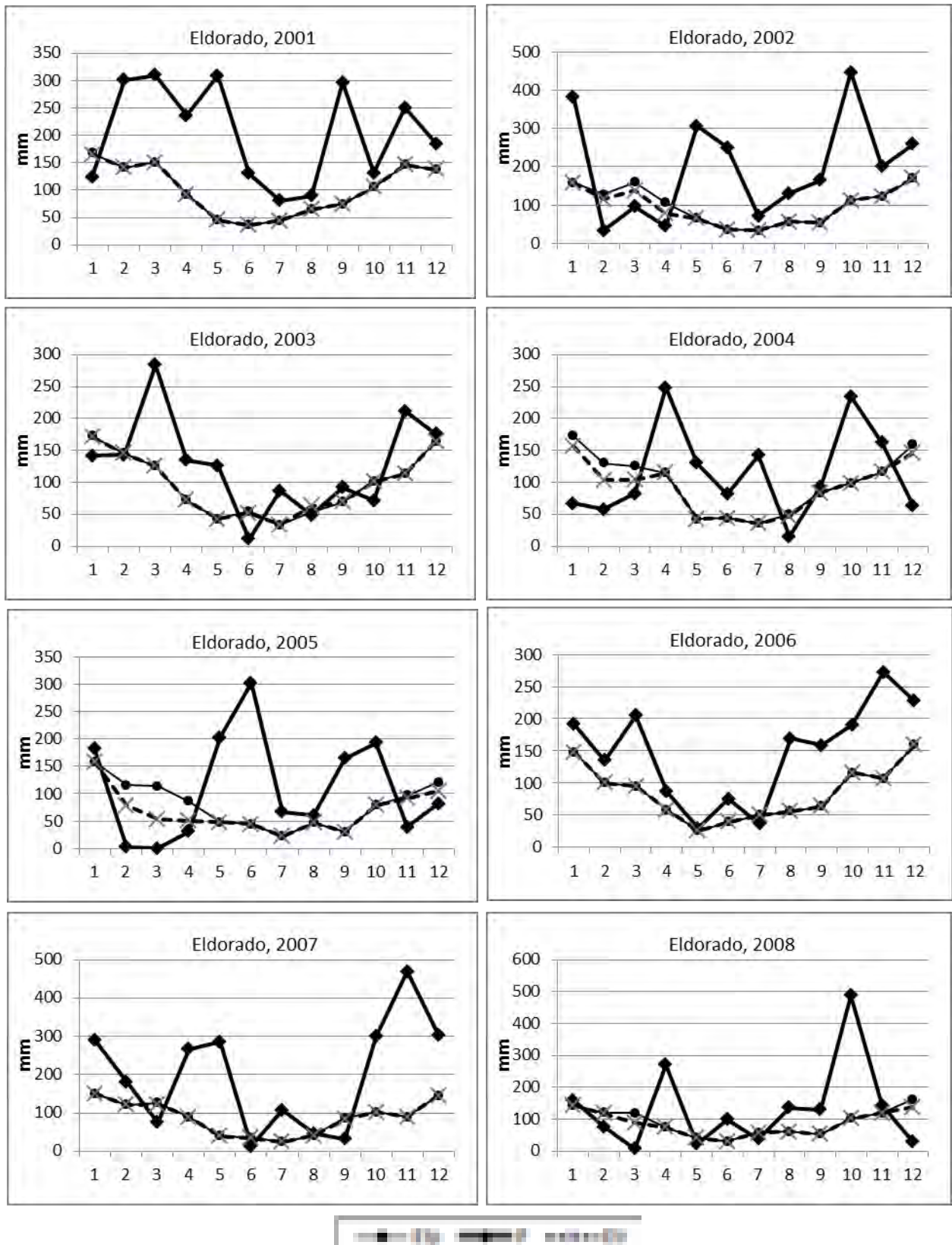
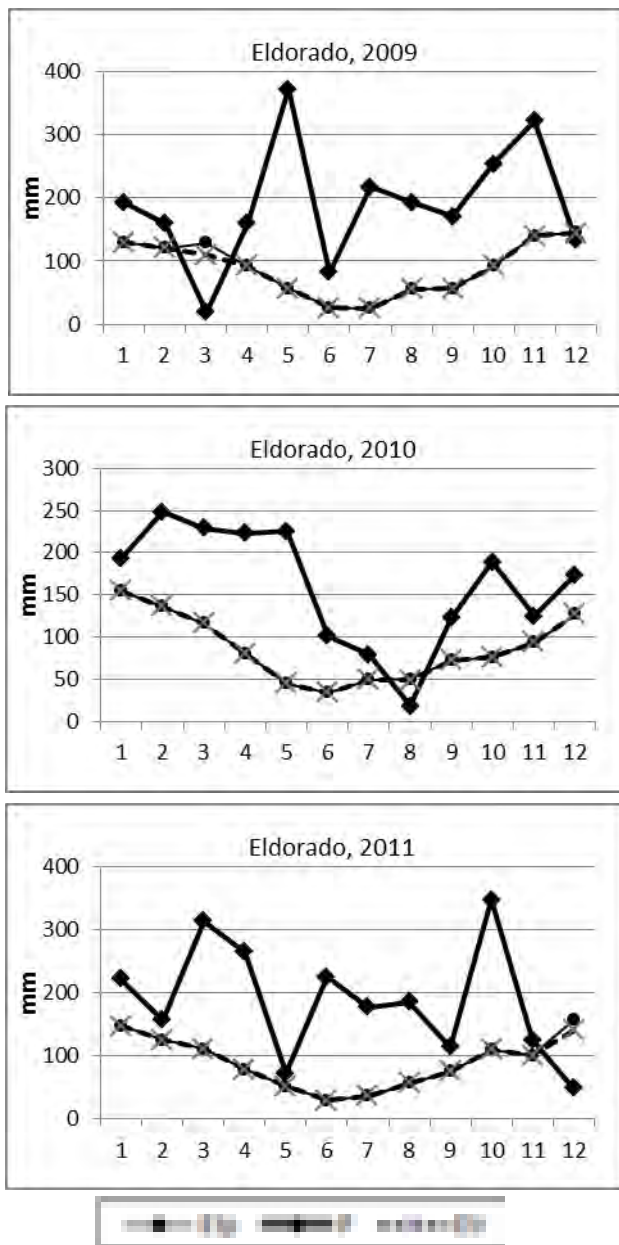


Gráfico n° 3.c.: Balance hídrico para los años 2001 a 2008, Eldorado, Misiones.

Gráfico n° 3.d.: Balance hídrico para los años 2009 a 2010, Eldorado, Misiones



**ESTUDIO ANALÍTICO DE PROCESOS DE SECADO CONVENCIONAL UTILIZADOS EN LA REGION DEL ALTO PARANA, MISIONES, Y SU RELACIÓN CON LAS EXIGENCIAS DE TRATAMIENTO TERMICO FAO NIMF 15.**

**ANALYTICAL STUDY OF CONVENTIONAL KILN DRYING PROCESS APPLIED IN THE REGION OF ALTO PARANA, AND ITS RELATIONSHIP WITH HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FAO STANDARD NIMF N° 15**

**Pesci, Rogelio<sup>1</sup>; Marek, Marcelo<sup>2</sup>; Patzer, Hugo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal – Profesional Independiente. e-mail. rpesci@gmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal - Docente orientador. Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Bertoni 124 – Eldorado – Misiones- mma- rek@facfor.unam.edu.ar - www.facfor.unam.edu.ar

<sup>4</sup> Ing. Electricista - Jefe Tratamientos Térmicos- Lipsia SA, Puerto Esperanza-Misiones-Argentina. hpatzer@lipsia.com.ar - www.lipsia.com.ar

### **Resumen**

En este estudio se evaluaron 10 ciclos de secado convencional, datos cedidos por empresas que secan madera de *Pinus spp* (principalmente *P. taeda* L) de 1 pulgada de espesor nominal (28 a 31 mm real) demuestra que el secado de las cámaras estudiadas, engloba al tratamiento térmico exigido por SENASA y NIMF. Esto coincide con la bibliografía y trabajos específicos, que aclaran la situación planteada en nuestros objetivos, pero que no acompañan los análisis de datos que se han realizados, aspecto que sí considera este trabajo. Los parámetros de secado resultaron ser superiores a los requeridos en el tratamiento térmico para la esterilización de la madera acuerdo a las normas nacionales e internacionales. Se comprobó además ver que las empresas cuentan con un sistema de toma de datos y registro, y que incorporando un sistema de trazabilidad de la madera en el secado, se puede cumplir los requisitos del TT, para secados que superen los 71°C de Temperatura de bulbo seco, a diferentes valores de diferencia psicrométrica, o de Humedad de equilibrio de la madera.

**Palabras clave:** Tratamiento térmico, NIMF 15, secado de la madera, *Pinus*, preservación de la madera

### **Summary**

In this study 10 cycles of conventional wood drying, data from lumber companies that dried *Pinus spp* (especially Loblolly pine, *Pinus taeda* L) 1 inch nominal thickness ( 28 to 31 actual mm thickness) were evaluated. The results demonstrate that studied conventional kiln drying cycles includes heat treatment required by SENASA and ISPM. This is consistent with the literature and specific publications that clarify the situation in our objectives, but don't shows data analyzes, something that was consider this work. The drying parameters were found to be higher than in the heat treatment required for sterilization timber according to national and international standards. It was found also see that lumber companies have a good system of data collection and recording, and incorporating a system of traceability of wood drying, can meet the requirements of TT, for dried exceeding 71 ° C of temperature bulb dry different psychrometric difference values , or the equilibrium moisture of the wood.



**Keywords:** heat treating, NIMF 15, kiln drying, Pinus, wood preservation

## Introducción

La madera en bruto (rough o sin cepillar) se utiliza con frecuencia para embalajes. Esta madera puede llegar a transmitir plagas y enfermedades, dado que al ser un elemento de acomodación logística, acompaña a la mercadería que soporta convirtiéndola en una vía para la introducción y dispersión. Luego de un incidente de una de propagación de *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer) Nickle et al. (el nematodo de la madera del pino), diversos países han adoptado medidas preventivas para detener o evitar su propagación (DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS, 2011).

Posteriormente el organismo internacional que regula los estándares de esterilización térmica de madera sólida para embalajes “*International Standard for Phytosanitary Measures*” (ISPM) establece parámetros para garantizar la efectividad de la esterilización, entre los que se describe un tratamiento térmico con un mínimo de 56°C (133°F) de temperatura y un tiempo mínimo luego de alcanzar esa temperatura de 30 min (FAO, 2009). Contemporáneamente, la FAO en el año 2002 reglamenta la “*Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias*” (NIMF) 15 sobre “Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional” y Argentina adhiere mediante la resolución 03/2005 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), desarrollando la normativa para realizar el proceso de Tratamiento Térmico (TT) o con bromuro de metilo (BM) que son las opciones sugeridas por dicha norma. La FAO NIMF 15 actualizada en 2008 recomienda el remplazo de bromuro de metilo como tratamiento fitosanitario por el tratamiento térmico de la madera, siendo este inocuo para el medio ambiente (FAO, 2009).

El proceso de TT consiste en el calentamiento conforme a una curva tiempo/temperatura específica, del material para embalajes de madera y maderas de acomodación (SWPM), hasta que el centro de las piezas alcance una temperatura de 56° C y la mantenga durante un período mínimo de 30 minutos. El secado de la madera en hornos convencionales supera estos rangos de temperaturas/tiempos y como ya se ha demostrado, por lo tanto se considera como TT respaldado por la información que brindan los programas de secado (SIMPSON, W.; 2002, WANG, X; 2010). En el presente trabajo se pretende evaluar si una muestra de algunos ciclos de los secaderos de la zona Alto Paraná se encuadra dentro de las curvas tiempo/temperatura para considerar su aptitud de acuerdo a la norma NIMF N° 15.

Las exigencias que deben cumplir dichas cámaras es que sean térmicas, seguras, que tengan un controlador/registrator, con tres sensores como mínimo de medición de temperatura de la madera, con registro; con un sensor de temperatura para medición de temperatura del aire de la cámara y con un sistema de circulación forzada del aire (Atencia, 2001).

## Tratamiento Térmico (TT) versus Secado de la madera en cámara

El proceso de secado de la madera en cámaras convencionales, incluye, desde el punto de vista lógico, el proceso de tratamiento térmico (Heat treating). Para poder llevar a cabo este análisis, debemos partir del concepto básico, que es el siguiente: “*La evolución del calentamiento de la madera y el cumplimiento del TT se pueden comprobar a partir de la supervisión de los parámetros*” (CUNHA FERRE, 2009).

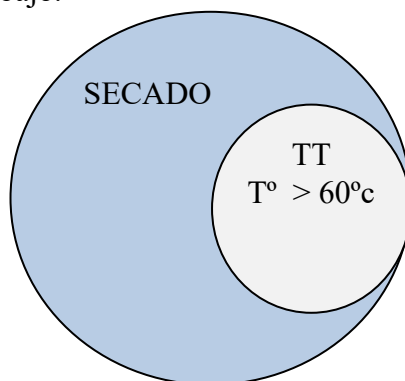
Las cámaras para realizar el procedimiento de TT son las mismas que se utilizan en nuestro país para el secado de la madera, siendo la diferencia el programa de proceso, parámetros de temperaturas y los tiempos totales. El programa de secado tradicional es mucho más extenso en tiempo total de proceso y rangos de temperaturas más altas que el TT.

En un trabajo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial que consistió en la observación de más de 80 cámaras en funcionamiento (ver Tabla N° 2), CUNHA FERRE (2010) determinó el siguiente cuadro comparativo de procesos;

**Tabla N° 2: Cuadro comparativo de secado de la madera con el Tratamiento térmico**  
**Table N°. 2: Comparison table of kiln drying to heat treatment of wood**

	Proceso de Secado	Tratamiento Térmico
Objetivo:	Disminuir la Humedad	Aumentar la Temperatura
Duración:	Días	Horas
Variables de Control	Temperatura del Aire	Temperatura del Aire
	Humedad relativa del aire	Temperatura de la madera
	Velocidad del Aire	
	Contenido de humedad de la madera	
Temp. del Proceso	35°C a 90°C	70°C a 90°C

Del cuadro anterior (Tabla N° 2, Fig 1) se puede apreciar la superioridad del secado de madera por sobre el TT que buscamos demostrar numéricamente mediante curvas comparativas en el presente trabajo.



**Fig. 1: Un proceso de secado puede llegar a englobar un Tratamiento térmico TT**  
**Figure 1: A kiln drying process can include a Heat Treating process (HT)**

### Tiempos estimados necesarios para cumplir con proceso de Tratamiento Térmico

SIMPSON, 2004, 2007 establece los tiempos estimados que el centro de la madera de Pinus spp (varias especies y rangos de densidades) alcanza 56°C, en un ambiente de un secadero que esta a 71°C. Dado que es un proceso de conducción de temperatura, este depende además del contenido de humedad ambiental de la cámara de secado. A mayor humedad, mayor transmisión térmica, y por lo tanto el tiempo que tarda en alcanzar el centro la temperatura de 56°C es menor. Es decir el tiempo necesario para el tratamiento aumenta a medida que aumenta la diferencia psicrométrica (SIMSON, 2002, 2003).

En la Tabla 3 se pueden ver los tiempos experimentales mínimos. Por una cuestión de seguridad, en la cuarta columna se ha agregado un 50 % del tiempo mínimo adicional, y los 30 minutos que debe mantenerse bajo estas condiciones la pieza de madera, para dar por aplicado el TT.

**Tabla 3: Tiempos experimentales de *Pinus spp* (Densidad aparente = 0,40 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>) en EEUU. Basado en Madera verde secada a una temperatura de 71° C. Espesor 1”**  
**Table 3: Experimental Times of *Pinus sp.* (s.g. at 12% M. C. = 0,40 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>), in the USA, Based on green lumber dried at a dry bulb of about 71° C, 1 inch thickness.**

Diferencia psicrométrica(DS)	Humedad de equilibrio	Tiempo de referencia	Tiempo mínimo	Tiempo en min t+50%+30 m	Tiempo en hs t+50%+30 m
° C	UGL/EMC	min / horas	Minutos	Minutos	Horas
1.4	18,5 %	17 min	17 min	56 min	0:55
3.4	14,4 %	16 min	16 min	54 min	0:53
6.7	10,9 %	23 min	23 min	65 min	1:04
14.9	6,4 %	3,1 hs	186 min	309 min	5:08
26.4	3,5 %	7,1 hs	426 min	669 min	11:07

Nota: la publicación indica que en el orden del 99 % del intervalo de confianza relacionado al Tratamiento Térmico (Heat Treating 100% de las piezas a 56° C en el centro de la Madera, debería someterla a un rango de temperatura entre el 10% a 70% más que el promedio indicado en las tablas arriba. Dando los factores variables relacionados al tratamiento térmico, se sugiere un 50 % por encima del tiempo estimado, mas los 30 minutos de duración del tratamiento una vez que el centro de la pieza lleva a la temperatura del tratamiento

#### **Posibilidad de evitar inversiones en un sistema controlador de Tratamiento Térmico**

Dado que el secado cumple ampliamente el requisito, se pueda llegar a evitar tener que instalar este sistema controlador. Esto es aceptado en EEUU, bajo un protocolo escrito e implementado en fábrica, que significa CERTIFICAR cada carga mediante los registros de secado, [básicamente la Temperatura de Bulbo Seco (TBS) y la temperatura de Bulbo Húmedo (TBH) que determina la diferencia psicrométrica (DS) que exige el programa].

Significa que la empresa debe llevar a cabo un disciplinado programa con trazabilidad, siendo otra empresa auditora acreditada por el Estado la responsable de revisar y aprobar la operación de la colección de los datos de TBS y tiene que revisar los registros archivados por la planta en sus visitas periódicas de auditoría.

La base argumental de esta oportunidad de evitar la adquisición del sistema colector de datos, se basa en los estudios llevados a cabo por el laboratorio de Productos Forestales de Estados Unidos, presentado por SIMPSON (2004, 2007)

Realizando una lectura detallada de los mismos, se puede ver que se refiere a un programa de secado con una temperatura bulbo seco de 71°C. Para una situación específica, plantearémos un ejemplo;

*Escuadría de 1” x 6” (pulgadas), con dimensiones actuales de 25 mm por 150 mm), con diferencia psicrométrica (DS; diferencia entre el bulbo seco y el bulbo húmedo) de 6,6 °C y menos, determina el tiempo estimado de tratamiento de 25 minutos para alcanzar la temperatura de 56°C en el centro de la tabla, iniciando el proceso con madera verde. Este tiempo estimado cambia rotundamente a mayores diferencias psicrométricas. Ejemplo: con una DS de 14.8° C, (corresponde aproximadamente a 56 °C del TBH), se requiere 3,1 horas (186 min) para que el centro alcance 56 °C, o 8 veces más tiempo. Con una depresión de 26.3 °C (de la temperatura del bulbo seco de 71 °C), se requería 7.1 horas (426 min) para alcanzar la temperatura de 56 °C, o 18.5 veces más tiempo.*

Entonces, para poder ser considerado por participación en el programa de aplicar el timbre TT (HT, *High Treating* en ingles) bajo la supervisión de una agencia acreditada por el ALSC y Estado de EEUU, una planta con cámara no-convencional tiene que considerar uno de las siguientes opciones de inversión:

1. Instalar termómetros (TBS y TBH), o usar los instrumentos que ya utiliza el controlador del secado como colector de datos. Siempre y cuando la cámara pueda alcanzar y mantener TBS superiores de 71° C o más y TBH 60° C o más; o
2. Instalar sensores de temperatura tipo RDT (sondas insertadas en la madera – con el punto de medición insertado en el centro de las piezas representativas y un medidor automático de temperatura y tiempo, la cual pueda generar registros de dichos datos. Eso considerando los aspectos arriba mencionados, carecería de sentido técnico en una planta donde se seca la madera al 12-14%.

El criterio de aceptación básico es que si la cámara efectivamente alcanza TBS de 71° C o más y TBH de 60° C o más, se acepta usar los instrumentos del controlador de secado ya existentes.

Si esto no es posible, se debe invertir en la instalación de termocuplas o PT100 en el aire, y también en el en el centro de piezas ejemplares de cada carga. (PESCI, 2014)

El costo para instalar este sistema en cada cámara, ronda los \$ 15.000 (US\$ 2.419), según datos dado por las empresas que recientemente lo han adquirido (GRUBER, 2013).

## **Materiales y métodos**

### **Descripción general**

Se trabajó con información que brindaron empresas madereras. Todos los secaderos relevados son del tipo convencional, es decir a una temperatura máxima de 80°C de TBS y velocidad del aire inferior a 4 m/s. Los datos evaluados corresponden a procesos de secado de madera de *Pinus spp* (mayormente *P. taeda*) de espesor nominal 1” (28 a 31 mm).

Estos equipos poseen los controladores de secado que realizan la captura de datos en forma periódica, que constituye la base de control de los equipos, y en nuestro caso, la base de datos a ser analizada.

De todos los valores que registra el controlador, para este caso se ha tomado las siguientes

- Unidad de tiempo: momentos u horarios de la toma de tiempos- tanto periodicidad de registro, como tiempo total (que se obtiene por diferencias de datos) [en minutos, Horas]
- Temperatura de bulbo seco (TBS, en °C);
- Temperatura de bulbo (TBH, en °C) Como valores adicionales, de orden meramente descriptivo, velocidad interna del viento dentro de la cámara de secado, tipo de especies, dimensiones, etc.

Las empresas que gentilmente han cedido los datos provienen de diferentes ciudades, y se detallan a continuación.

**Tabla 4: Empresas proveedoras de datos de ciclos de secado en cámaras. Table 4: Lumber companies suppliers of data of kiln drying process**

	Ciudad, Empresa	Especie	Espesor	Marca cámara de secado	Marca controlador de secado
1	Telêmaco Borba, Brasil PARANA FOREST	<i>Pinus taeda</i>	15+15 mm (dos tablas de 15 mm)	Secamaq	Marrari Ecopower
2	Canoinhas, Brasil ENERGIA	<i>Pinus taeda</i>	15+15 mm (dos tablas de 15 mm)	Metalúrgica Leogap	Gann Hydromette TK 301
3	Puerto Esperanza, Misiones, Argentina LIPSIA AS	<i>Pinus taeda</i> <i>Pino híbrido</i>	28 mm (1")	Götttert	Lignomat
4	Puerto Esperanza, Misiones, Argentina PINDO SA	<i>Pinus taeda</i> <i>Pino híbrido</i>	28 mm (1")	Götttert	Lignomat
5	Santiago de Liniers, Misiones, Argentina.DON GUILLERMO	<i>Pinus taeda</i>	28 mm (1")	Götttert	Gann Hydromette TK 301
6	San Jose, Misiones, Argentina. PUERTA DE MISIONES	<i>Pinus taeda</i> <i>Pino elliottii</i>	28 mm (1")	Benecke	Marrari VR500
7	Azara, Misiones, Argentina AZARA	<i>Pinus taeda</i>	28 mm (1")	Götttert	Gann Hydromette TK 301
8	Concepción de la Sierra, Misiones, Argentina FYGSA	<i>Pinus taeda</i>	28 mm (1")	Götttert	Lignomat

### Relación Diferencia Psicrométrica/Humedad de Equilibrio de la madera

Dado que los estudios de referencia (SIMPSON, 2002) se han realizado con Psicrómetro (Termómetro de Bulbo Seco y Termómetro de Bulbo Húmedo), fue necesario convertir los valores de Humedad de Equilibrio de la Madera (UGL o EMC) a valores de diferencia psicrométrica, para poder usarlo en planilla de cálculo.

**Tabla 5: Humedad relativa del aire y humedad de la madera en función de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo (BRAMHALL, & WELLWOOD, 1976) Table 5: Relative humidity and equilibrium Moisture content of lumber accord dry bulb thermometer and wet bulb termometer (Bramhall, G. & Wellwood, R. W. 1976)**

		Temperatura de Bulbo seco (°C) – Temperatura de secado										
		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
		Valores de Humedad de Equilibrio (EMC Values)										
Diferencia psicrométrica (Wet bulb depression (°C))	25			1,6	2,5	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9
	20	2	3	3,5	4,2	4,6	4,7	4,8	4,9	5	4,8	4,7
	18	3	3,9	4,3	4,7	5,2	5,3	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3
	16	4	4,9	5,3	5,7	5,8	5,9	6	6	6	5,9	5,8
	14	5,4	5,9	6,2	6,5	6,7	6,7	6,7	6,6	6,6	6,5	6,4
	12	6,5	7	7,2	7,5	7,7	7,7	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2
	10	7,8	8,2	8,4	8,6	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,2	8
	9	8,5	8,9	9,1	9,3	9,3	9,2	9,1	9	8,8	8,7	8,5
	8	9,3	9,6	9,7	9,8	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,2
	7	10,2	10,4	10,4	10,7	10,7	10,6	10,5	10,4	10,2	9,9	9,8
	6	11,2	11,4	11,5	11,6	11,5	11,4	11,3	11,1	10,8	10,7	10,5
	5	12,2	12,4	12,6	12,7	12,6	12,5	12,4	12,2	11,8	11,7	11,4
	4	13,6	13,8	13,9	13,9	13,8	13,7	13,6	13,4	13,1	12,8	12,6
	3	15,3	15,7	15,7	15,5	15,4	15,3	15	14,8	14,5	14,3	14
	2,5	16,7	16,9	16,8	16,6	16,4	16,3	16,1	15,8	15,5	15,3	14,9
	2	18	18	18	17,8	17,6	17,4	17,1	16,8	16,5	16	16
1,8	18,6	18,7	18,7	18,5	18,3	18	17,6	17,3	17	16,3	16,4	
1,6	19,3	19,4	19,4	19,2	19	18,7	18,3	18	17,7	17,3	17	
1,4	19,9	20	20	19,8	19,6	19,3	19	18,6	18,3	17,9	17,6	
1,2	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	19,8	19,4	19	18,7	18,3	

Para ello se tomaron valores de la tablas 5 publicadas por diferentes autores (PEZO, 2007,) y mediante Regresión Múltiple con el programa InfoStat (DI RIENZO *et al*, 2012) se logró la siguiente ecuación, con un  $R^2= 0,9969853$ .

$$UGL= 32,6588-16,146*(DS/TBS)-4,4739*LN(DS)-2,896*LN(TBS)+0,006*DS^2$$

Donde

UGL: Humedad de Equilibrio

DS: Diferencia psicrométrica (TBS-TBH)

TBS: Temperatura Bulbo Seco

TBH: Temperatura de Bulbo Húmedo.

### Análisis de datos

Teniendo en cuenta la Tabla 5, se realizó un análisis cuantitativo de los procesos de secado, mediante fórmulas lógicas de la planilla se cálculo.

El procedimiento fue el siguiente:

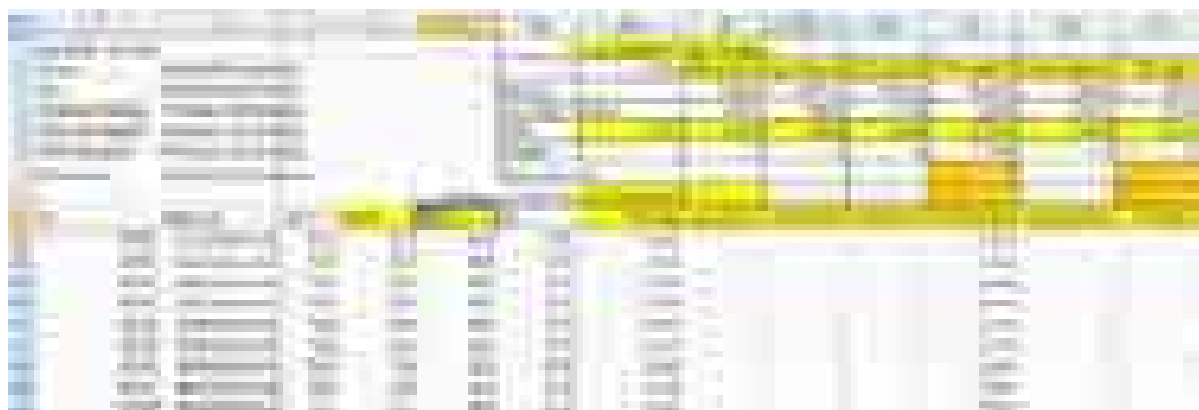
- a) Se aplica el filtro a la variable Temperatura de Bulbo seco (TBS), para analizar los valores que se encuentran únicamente por encima de 71°C (así se excluyen los tiempos de calentamiento, y enfriado del ciclo de secado). (ver en la imagen, la columna X).
- b) Se cuantificó el tiempo entre cada medición del controlador, restando el tiempo medido menos el anterior. De esto surge una unidad de tiempo, que es 1 minuto para Marrari, y 5 para Lignomat, (ver en la Fig.7, corresponde a la columna BW que es una captura de la planilla de cálculo elaborada).
- c) Se obtiene el valor de la diferencia psicrométrica (DS), mediante la diferencia de TBS-TBH (Temperatura de Bulbo húmedo). (ver en la imagen, la columna BV).
- d) Según lo recomendado por Simpson, 2002 y Wang, 2010; se fijan los tiempos mínimos estimados de tratamiento para cumplir los requisitos TT, según la variable independiente DS establecida por la tabla X. Por ejemplo se puede ver el valor de la celda BX3, que es 0,28 hs (17 min), BY3 de 0,27 hs (16 min), BZ3. de 0,38 hs (23 min), celda CA3 de 3,1 hs (186 min), celda CB3 de 7,1 hs (426 min) y celda CC3 de 9,67 hs (580 min).
- e) Según lo recomendado por Simpson, 2002 y Wang, 2010; se aplica el margen de seguridad del 50 % del tiempo, mas los 30 minutos de duración del TT en el centro de la pieza. Son los valores que se ven en la 5° columna de la Tabla X, o los valores de la imagen: Valor de la celda BX4, que es 0,90 hs (56 min), BY4 de 0,90 hs (54 min), BZ4. de 1,1 hs (65 min), celda CA4 de 5,2 hs (309 min), celda CB3 de 11,2 hs (669 min) y celda CC3 de 15,0 hs (900 min). Estos valores pasan a ser los “Tiempos Mínimos Estimados” que debe cumplir el TT para cada situación atmosférica en particular (TBS >71°C y diferentes valores de DS como ya se indicó)

**Tabla 6: Tiempos experimentales de *Pinus spp.* (Densidad aparente = 0,40 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>) en EEUU). Basado en Madera verde secada a una temperatura de 71° C. Espesor 1”**

**Table 6: Experimental Times of *Pinus sp.* (s.g. at 12% M. C. = 0.40 a 0.42 g/cm<sup>3</sup>), in the USA, Based on green lumber dried at a dry bulb of about 71° C, 1 inch thickness.**

Diferencia psicrométrica ° C	Humedad de Equilibrio %	Tiempo publicación min / horas	Tiempo en minutos	Tiempo en min mas 50 % del tiempo y mas 30 minutos	Tiempo en hs t+50%+30 m
1,4	18,5 %	17 min	17 min	56 min	0:55
3,4	14,4 %	16 min	16 min	54 min	0:53
6,7	10,9 %	23 min	23 min	65 min	1:04
14,9	6,4 %	3,1 hs	186 min	309 min	5:08
26,4	3,5 %	7,1 hs	426 min	669 min	11:07

- Posteriormente, mediante fórmulas lógicas anidadas se imputa cada unidad de tiempo (1 minuto) a cada situación de DS, indicado por la primera columna de la Tabla X, y en cada sección se obtiene la sumatoria de los tiempos imputados.
- Ejemplo de fórmula lógica del lenguaje de la planilla de cálculo: **SI(BV10<\$BX\$9;"-";SI(BV10<=\$BY\$9; BW10;"-"))** y cargado con valores para simplificar su comprensión, tenemos: **SI(DS<3,4%;"-";SI(DS<=1,4%; 1 min;"-"))** (Ver Fig. 7)
- En este caso ejemplar, podemos ver que al analizar todo el ciclo de secado, la atmósfera del secadero permanece 22,2 hs con TBS mayor que 71°C y una DS entre 6,7 y 14,9°C, superando el tiempo mínimo estimado de 5,2 hs. En el mismo ciclo, en las etapas finales del secado que la atmósfera del secadero permanece 17,1 hs con TBS mayor que 71°C y una DS entre mayor que 26°C, superando el tiempo mínimo estimado de 15 hs. Es decir si analizamos en conjunto todo el ciclo, supera 5 veces las exigencias de TT.



**Fig.2. Planilla de cálculo con los análisis de datos del Ciclo de Secado N° 22, de la Cámara 2.**  
**Fig.2. Spreadsheet with a kiln cycle analyzed. Cycle N° 22, Kiln dryer N°2.**

Para referirnos a la superioridad del proceso de secado por sobre las exigencias del programa a cumplir para certificar madera con TT, es fundamental el seguimiento de las curvas de temperatura/tiempo y así numéricamente poder sustentar con base técnica sólida las hipótesis planteadas. Se debe tener información con respecto a la escuadría, la especie y temperatura de exposición. Las curvas de calentamiento están determinadas por la relación entre la HEH y el % CH de la madera. Las fases de dichas curvas, serán dependientes y variarán con la temperatura de exposición y la especie de madera.

## Resultados

En la Tabla 7 se pueden ver los resultados obtenidos mediante el procesamiento indicado anteriormente (8.3. Análisis de datos). Se aprecia en todos los casos, que los valores superan ampliamente los tiempos mínimos exigidos por la bibliografía, para casos donde el secado se produce por encima de 71°C de temperatura de termómetro de bulbo seco, y a diferentes valores de diferencia psicrométrica (en la Tabla 7 se puede ver que los valores en Azul subrayados superan a los valores de la 4 fila, en rojo).

Esto significa que los procesos de secado superan, en mayor o menor medida, las exigencias del TT que establece la publicación de SIMPSON W. (2002) para madera de *Pinus spp.* De 1" (20-31 mm) que es el estudio que hemos enfocado.

**Tabla 7: Resultados de los análisis de los ciclos de secado, para valores de TBS superiores a 71°C y diferentes valores de DS, con los tiempos mínimos estimados para cumplir los requisitos de TT**  
**Table 7: Results of the analysis of the drying cycles, to values above 71° C DBT and various WBD values, the minimum time estimates to satisfy HT requirements**

Em- presa	Humedad de equilibrio de la madera en el ambiente del secadero	Encabe- zados	Tiempo de ciclo por encima de 71°C y en cada subrango de diferencia psicrométrica						Supera Trat. Térmico
			DS 0 a 1,4 °C	1,4° a 3,4 °C	3,4° a 6,7 °C	6,7° a 14,9 °C	14,9° a 26,4 °C	>26,4 °C	
			Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	
		Mar- gen*	<b>0,9 hs</b>	<b>0,9 hs</b>	<b>1,1 hs</b>	<b>5,2 hs</b>	<b>11,2 hs</b>	<b>15,0 hs</b>	
1	14,0%		0,0	0,0	0,0	<u>17,1</u>	0,0	2,1	<u>SI</u>
2	13%		<u>3,1</u>	0,0	<u>32,0</u>	<u>27,0</u>	12,2	6,7	<u>SI</u>
3	10,0%		<u>3,4</u>	<u>4,3</u>	<u>6,2</u>	0,5	0,0	0,0	<u>SI</u>
4	14,0%		0,0	0,0	0,0	<u>22,0</u>	0,0	8,0	<u>SI</u>
5	14,0%		0,0	0,0	<u>12,2</u>	<u>16</u>	11,2	3,2	<u>SI</u>
6	10,0%		0,0	0,0	0,1	<u>7,3</u>	<u>17,2</u>	0,0	<u>SI</u>
7	10,0%		0,0	0,0	0,1	<u>6,2</u>	<u>18,1</u>	0,0	<u>SI</u>
8	10,0%		0,0	0,0	0,6	2,2	<u>20,5</u>	0,0	<u>SI</u>
9	13%		0,0	0,0	0,0	1,7	<u>29,4</u>	0,0	<u>SI</u>
10	13%		0,0	0,0	0,0	1,7	<u>29,4</u>	0,0	<u>SI</u>

\* Se calcula factor de seguridad del 50 % del tiempo, más los 30 min que debe durar el TT

## Discusión

Luego del análisis de distintos programas de secado, este estudio demostró que el secado en cámaras convencionales analizadas, engloba al tratamiento térmico exigido por SENASA y NIMF 15, debido a que los rangos de temperaturas y tiempos utilizados en los procesos de secado convencionales de la zona, son ampliamente superiores a los requeridos en el cumplimiento de parámetros térmicos para garantizar la esterilización de la madera para embalajes de acuerdo a las normas nacionales e internacionales citadas.

El equivalente entre las variables TBS, DS y UGL, logrado mediante la regresión múltiple, permite convertir fácilmente los valores, y evaluar datos de controladores que no trabajan con psicrómetros, sino con sensores de UGL.



Al ampliarse esta posibilidad de analizar datos de distintos secaderos, pudimos seleccionar algunas de ellas que trabajan con controladores-registradores muy confiables, de las variables mencionadas. Al exportar estos datos a planilla de cálculo, fueron analizados y graficados, a fin de, de obtener resultados (Tabla 6).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por CUNHA FERRE (2010), este enfoque de análisis numérico de los reportes de los controladores de secado constituye un elemento más para poder presentar a discusión con los organismos estatales de aplicación que rigen el Tratamiento térmico en la República Argentina.

## **Conclusiones**

El estudio demostró que el ciclo de secado de las cámaras convencionales evaluadas, cumplen las exigencias del tratamiento térmico exigido por SENASA y NIMF. Los parámetros son ampliamente superiores a los requeridos en el cumplimiento de parámetros térmicos para garantizar la esterilización de la madera para embalajes de acuerdo a las normas nacionales e internacionales citadas; por lo que el objetivo principal planteado ha sido cumplido.

Se pudo observar que las empresas poseen equipos con sistemas informáticos de toma de datos, y grabado en discos rígidos, e impresiones sistemáticamente guardadas. Estos datos permiten, basados en un sistema de trazabilidad de la madera en el secado, alcanzar los requisitos o estándares del TT, para secados que superen los 71°C de TBS.

Demostrado el objetivo anterior, esto brinda la oportunidad de poder presentar estos resultados ampliados al organismo contralor de Tratamiento Térmico (SENASA), y partir de allí, implementar los registros de TBS y TBH tomados por el controlador, como validos en contraste a los equipos específicos sugeridos por la Resolución 3/05 de la SAGPyA

Se recomienda ampliar la base de datos bajo estudio, lo que considerando que ya esta elaborado el protocolo de análisis, sería muy sencillo de hacerlo si se cuentan con la base de datos de los ciclos de secado de diferentes empresas. Esto permitiría sustentar el estudio con una mayor cantidad de secaderos y ciclos de diferentes fabricación, tipos, etc.

Si bien esto supera el alcance del presente trabajo, las exigencias también consideran la tarea de resguardar la madera seca (y tratada térmicamente), a fin de evitar su contaminación (proximidad o contacto con madera húmeda o en condiciones de intemperie).

## **Agradecimientos**

A las empresas que cedieron los datos para su procesamiento: Aserradero Puerta de Misiones SRL, Parana Forest Products, Aserradero Linor SRL, Forestal y Ganadera Indumarca SA, Pindó SA, Lipsia SA, por la confianza e interés manifiesto en este trabajo.

Un especial agradecimiento al jefe de Tratamientos Térmicos de LIPSIA SA, y al operador de Secado de PINDO SA, Sr. Hugo Acosta, por su predisposición a explicar todo lo referente a tratamientos térmicos actualizados a los requisitos de SENASA, y por disponer de los datos, pese que en algunos casos, costó exportarlos.

Al novel Ingeniero Forestal Eduardo Hildt, por la ayuda en los ajustes de regresión múltiple.

A todos los profesores que contribuyeron en nuestra formación profesional y a esta prestigiosa casa por darnos esta oportunidad como el Ing. Rubén Costas con quien a través de este trabajo cumpla con mi compromiso de finalizar mis estudios y devolver de esta manera su apoyo como Secretario Académico de la FCF.

## Bibliografía

- ATENCIA, M. E. 2001. "Manual de Secado de Madera", RITIM, GTZ,2001
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS, 2011. CIRCULAR N° 1 - Recomendaciones para efectuar la correcta aplicación de los tratamientos térmicos a la madera, productos derivados de la madera y embalajes de madera- España
- GRUBER, Cristian. 2013. Establecimiento Don Guillermo SRL, Comunicación verbal.
- PESCI, 2014. Estudio analítico de procesos de secado utilizados en la región NEA argentina, y su comparación con el tratamiento térmico según norma FAO NIMF 15 - integradora II - Facultad de Ciencias Forestales- Universidad Nacional de Misiones
- CUNHA FERRÉ, A., 2004. "Requerimientos fitosanitarios requeridos para los embalajes utilizados en el comercio internacional", XIX Jornadas forestales de Entre Ríos
- FAO, 2009, Normas internacionales para medidas fitosanitarias; Secretaría de la convención internacional de protección fitosanitaria,
- SENASA: Normativa (julio-2013); Resolución SAGPyA N°424/2003, Resoluc SAGPyA N° 03/2005; Resol SENASA N°199/2013.
- SIMPSON, W.; 2002. Effect of wet bulb depression on heat sterilization time of slash pine lumber. Res. Pap. FPL-RP-604. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 6 p
- SIMPSON, W.; WANG, X; VERRILL, S.. 2003. Heat sterilization time of ponderosa pine and Douglas-fir boards and square timbers. Res. Pap. FPL-RP-607. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 24 p.
- WANG, X; 2010. Heat Sterilization of Wood. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 14

Anexo 1:

**Tabla 01 — Humedad relativa del aire y humedad de la madera en función de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo (Bramhall, G. & Wellwood, R. W. 1976)**

Temperatura bulbo seco (0°C)	Diferencia psicrométrica o Diferencia entre las temperaturas de los termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo (°C) [Wet bulb depression]																													
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
0	91	82	73	64	58	47	39	31	22	14																				
5	20.5	17.0	14.3	12.2	10.5	9.0	7.6	6.3	4.9	3.5																				
10	93	88	79	72	65	58	51	45	38	32	19	6																		
15	21.6	18.4	15.9	14.0	12.3	10.9	9.7	8.5	7.5	6.5	4.4	1.9																		
20	94	88	82	78	71	65	60	54	49	44	33	23	14	4																
25	22.4	19.5	17.2	15.3	13.7	12.4	11.2	10.2	9.3	8.4	6.8	5.2	3.5	1.3																
30	95	90	85	80	75	70	66	61	57	52	44	35	27	19	12	4														
35	23.0	20.3	18.1	16.3	14.8	13.6	12.4	11.5	10.6	9.8	8.3	7.0	5.8	4.5	3.0	1.3														
40	96	91	87	83	78	74	70	68	62	59	51	44	37	30	24	17	11	5												
45	23.4	20.9	18.8	17.1	15.7	14.4	13.4	12.4	11.5	10.8	9.4	8.2	7.2	6.2	5.2	4.1	2.9	1.6												
50	96	92	88	84	81	77	74	70	67	63	57	50	44	38	33	27	22	15	11	7										
55	23.6	21.2	19.3	17.7	16.3	15.1	14.0	13.1	12.3	11.5	10.2	9.1	8.1	7.2	6.4	5.6	4.8	3.9	3.0	1.9										
60	98	93	89	88	83	79	78	83	70	67	61	55	50	44	39	34	29	25	16	12	8									
65	23.7	21.5	19.6	18.0	16.7	15.5	14.5	13.6	12.8	12.1	10.8	9.7	8.8	8.0	7.2	6.5	5.8	5.2	4.5	3.8	3.0	2.2	1.3							
70	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	64	59	54	49	44	40	36	31	27	23	20	16	12	9	6					
75	23.7	21.5	19.8	18.2	16.9	15.8	14.8	13.9	13.1	12.5	11.2	10.2	9.3	8.5	7.8	7.1	6.5	5.9	5.4	4.8	4.3	3.7	3.1	2.4	1.7	4				
80	97	94	91	88	85	82	80	77	74	72	67	62	57	53	48	44	40	36	32	29	28	22	19	16	13	5	2			
85	23.6	21.5	19.8	18.3	17.1	16.0	15.0	14.1	13.4	12.7	11.5	10.5	9.6	8.8	8.1	7.5	7.0	6.4	5.9	5.5	5.0	4.5	4.1	3.6	3.1	2.0	0.7			
90	97	94	91	89	86	83	81	78	76	73	69	64	60	56	52	48	44	40	37	34	30	27	24	22	19	14	9	4		
95	23.4	21.4	19.7	18.3	19.1	16.0	15.1	14.2	13.5	12.8	11.6	10.6	9.8	9.0	8.4	7.8	7.3	6.8	6.3	5.9	5.5	5.1	4.7	4.3	3.9	3.1	2.2	1.2		
100	97	95	92	89	87	84	82	80	77	75	71	68	62	58	54	51	47	44	40	37	34	31	29	26	23	18	14	10	8	2
105	23.1	21.2	19.6	18.2	17.0	16.0	15.0	14.2	13.5	12.8	11.7	10.7	9.9	9.2	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.1	5.8	5.4	5.0	4.7	4.4	3.7	3.0	2.3	1.5	0.6
110	97	95	92	90	88	85	83	81	78	76	72	68	64	60	57	53	50	47	43	40	38	35	32	30	27	22	18	14	10	7
115	22.8	20.9	19.4	18.0	16.9	15.8	15.0	14.2	13.4	12.8	11.7	10.7	9.9	9.2	8.6	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	5.9	5.8	5.2	5.0	4.7	4.1	3.5	2.9	2.3	1.7
120	98	95	93	90	88	86	84	82	79	77	73	69	66	62	59	55	52	49	48	43	40	38	35	33	30	26	22	18	14	11
125	22.4	20.6	19.1	17.8	16.7	15.7	14.8	14.0	13.3	12.7	11.6	10.7	9.9	9.2	8.6	8.1	7.6	7.0	6.7	6.4	6.0	5.7	5.4	5.1	4.8	4.3	3.8	3.3	2.8	2.3
130	98	95	93	91	89	87	84	82	80	78	74	71	67	64	60	57	54	51	48	45	42	40	38	35	33	29	25	21	17	14
135	22.0	20.3	18.8	17.5	16.4	15.5	14.6	13.9	13.2	12.6	11.5	10.6	9.8	9.1	8.5	8.0	7.6	7.1	6.8	6.4	6.1	5.8	5.5	5.2	4.9	4.4	4.0	3.5	3.1	2.7
140	98	98	83	91	89	87	85	83	81	79	75	72	68	65	62	59	58	53	50	47	45	42	40	37	35	31	27	23	20	17
145	21.6	19.9	18.5	17.2	16.2	15.2	14.4	13.6	13.0	12.4	11.3	10.4	9.7	9.0	8.5	8.0	7.5	7.1	6.7	6.4	6.1	5.8	5.5	5.2	5.0	4.5	4.1	3.7	3.3	2.9
150	98	96	94	92	90	88	85	84	82	80	76	73	70	68	63	60	57	54	52	49	47	44	42	39	37	33	29	26	22	19
155	21.1	19.5	18.1	16.9	15.9	15.0	14.1	13.4	12.9	12.2	11.1	10.3	9.5	8.9	8.4	7.9	7.4	7.0	6.6	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.5	4.1	3.8	3.4	3.1
160	98	96	94	92	90	88	86	84	82	82	77	74	71	67	64	61	59	58	53	51	48	46	44	41	39	35	31	28	25	22
165	20.6	19.1	17.7	16.6	15.5	14.7	13.9	13.2	12.5	11.9	10.9	10.1	9.4	8.8	8.2	7.7	7.3	6.9	6.6	6.2	5.9	5.7	5.4	5.2	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5	3.1
170	98	96	94	92	90	88	87	85	83	81	78	75	72	68	65	63	60	57	55	52	50	47	45	43	41	37	33	30	27	24
175	20.1	18.6	17.3	16.2	15.2	14.3	13.6	12.9	12.3	11.7	10.7	9.9	9.2	8.6	8.1	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.8	5.6	5.3	5.1	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5	3.2
180	98	96	94	92	91	89	87	85	84	82	79	76	72	69	67	64	61	59	58	54	51	49	47	45	43	39	35	32	28	25
185	19.6	18.1	16.9	15.8	14.8	14.0	13.3	12.6	12.0	11.4	10.5	9.7	9.0	8.4	7.9	7.4	7.0	6.7	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.4	4.1	3.7	3.4	3.2
190	98	96	94	93	91	89	89	86	84	83	79	78	73	70	68	65	62	60	57	55	53	50	48	46	44	40	37	33	30	27
195	19.1	17.7	16.4	15.4	14.5	13.7	12.9	12.3	11.7	11.2	10.3	9.5	8.8	8.2	7.7	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.4	5.1	4.9	4.7	4.3	4.0	3.7	3.4	3.1
200	98	96	95	93	91	90	88	86	85	83	80	77	74	71	69	68	63	61	58	56	54	52	49	47	45	42	38	35	32	29
205	18.5	17.2	16.0	15.0	14.1	13.3	12.6	12.0	11.4	10.9	10.0	9.2	8.6	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.6	4.3	3.9	3.6	3.3	3.0
210	98	97	95	93	92	90	88	87	84	84	81	78	75	72	69	67	64	62	60	57	55	53	51	49	47	43	39	36	33	30
215	18.0	16.7	15.5	14.6	13.7	12.9	12.3	11.7	11.1	10.6	9.7	9.0	8.4	7.8	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.5	4.1	3.8	3.5	3.3	3.0
220	98	97	95	93	92	90	89	87	86	84	81	78	76	73	70	68	65	63	61	58	56	54	52	50	48	44	41	38	34	32
225	17.4	16.2	15.1	14.1	13.3	12.6	11.9	11.3	10.8	10.3	9.5	8.7	8.1	7.6	7.1	6.7	6.3	6.0	5.7	5.4	5.2	4.9	4.7	4.5	4.3	4.0	3.7	3.4	3.2	3.0
230	98	97	95	94	92	90	89	87	86	85	82	79	76	74	71	69	66	64	62	59	57	55	53	51	49	48	42	38	34	33
235	16.8	15.6	14.6	13.7	12.9	12.2	11.6	11.0	10.5	10.0	9.2	8.0	7.9	7.4	6.9	6.5	6.2	5.8	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6	4.4	4.2	3.9	3.6	3.3	3.1	2.9

**Ecuación para convertir TBS/DS a HEq:** (Convert Dry bulb Temperatura/Wet bulb depression):  $32,6588-16,146*(DS/TBS)-4,4739*LN(DS)-2,896*LN(TBS)+0,006*DS^2$  - Ing. Marek, Marcelo.

Anexo 3: Ejemplo de curva de secado utilizada para el proceso de Secado de la empresa de Telemaco Borba



Anexo 4: Ejemplo de Ciclo de secado analizado.

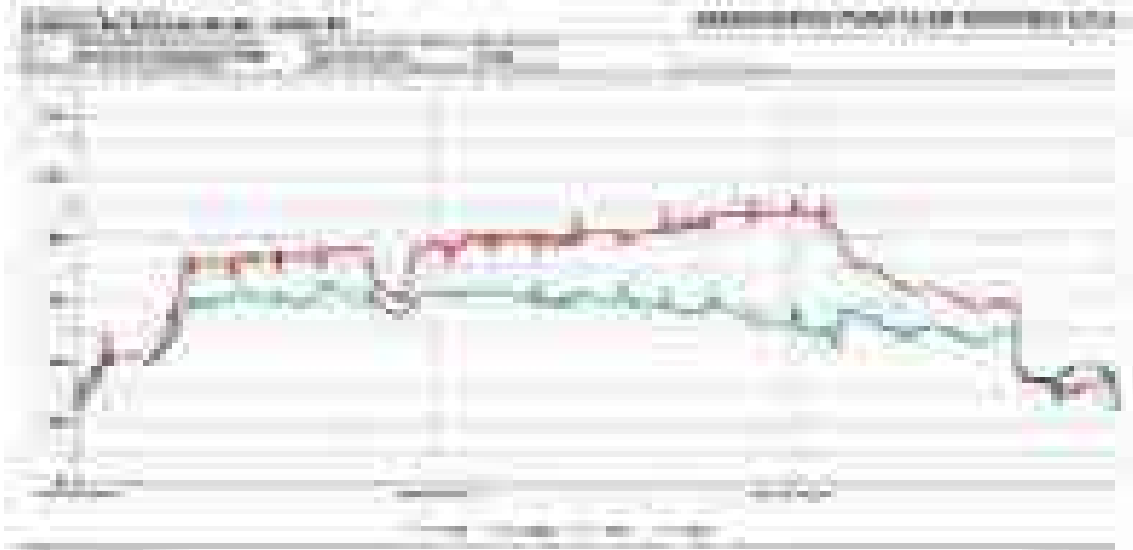
Estufa 02 - Ciclo 22

Inicio: 09/03/2013 (sab) 07:17  
 Fim: 12/03/2013 (ter) 12:52  
 Duracion secado: 77 horas e 35 minutos  
 Liquido Secagem: 73 horas e 32 minutos  
 Total Secagem: 77 horas e 34 minutos  
 Entre Ciclos: 28 horas e 20 minutos

	a) Tiempo 9t	b) Tiempo					
	> 71°C	DS 0 a 1,4 °C	1,4º a 3,4 °C	3,4º a 6,7 °C	6,7º a 14,9 °C	14,9º a 26,4 °C	DS >26,4 °C
Minimo		0,28 hs	0,27 hs	0,38 hs	3,10 hs	7,10 hs	9,67 hs
Plus 50 % + 30 min		0,9 hs	0,9 hs	1,1 hs	5,2 hs	11,2 hs	15,0 hs
Total	47 hs	0,0 hs	0,0 hs	0,0 hs	22,2 hs	7,3 hs	17,1 hs
Margen	0	0	0	0	17,0	0	2,1
Factor Decision	-	-	-	-	supera	-	supera
Tiempo que esta por encima de 71°C					4 veces		1 veces

ID	Data-Hora	TBS-1	TBS-R	TBU-R	DS	Minutos	DS 0 a 1,4 °C	1,4º a 3,4 °C	3,4º a 6,7 °C	6,7º a 14,9 °C	14,9º a 26,4 °C	DS >26,4 °C
83752	09/03/2013 14:36	71,1	71,1	60,1	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83753	09/03/2013 14:37	71,3	71,3	60,2	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83754	09/03/2013 14:38	71,9	71,9	60,2	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83755	09/03/2013 14:39	71,6	71,6	60,3	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83756	09/03/2013 14:40	71,8	71,8	60,4	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83757	09/03/2013 14:41	71,7	71,7	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83758	09/03/2013 14:42	71,9	71,9	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83759	09/03/2013 14:43	71,9	71,9	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83760	09/03/2013 14:44	71,9	71,9	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83761	09/03/2013 14:45	71,8	71,8	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83762	09/03/2013 14:46	71,7	71,7	60,6	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83763	09/03/2013 14:47	71,4	71,4	60,6	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83764	09/03/2013 14:48	71,8	71,8	60,7	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83765	09/03/2013 14:49	72,2	72,2	60,8	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83766	09/03/2013 14:50	72,2	72,2	60,8	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83767	09/03/2013 14:51	72,2	72,2	60,8	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83768	09/03/2013 14:52	72,4	72,4	60,9	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83769	09/03/2013 14:53	72,6	72,6	61	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83770	09/03/2013 14:54	72,8	72,8	61	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83771	09/03/2013 14:55	73	73	61,1	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83772	09/03/2013 14:56	72,9	72,9	61,1	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-

Anexo 5: Ejemplo de Ciclo de secado analizado. Aserradero Puerta de Misiones SRL



**LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN PROYECTOS REDD+  
PARA EL DESARROLLO RURAL**

**AGROFORESTRY SYSTEMS IN REDD+ PROJECTS  
FOR RURAL DEVELOPMENT**

**Florencia Montagnini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Investigadora Científica, Universidad de Yale, Escuela Forestal y de Estudios Ambientales, 360 Prospect St., New Haven, CT 06511, EE.UU, Email: [florencia.montagnini@yahoo.com](mailto:florencia.montagnini@yahoo.com), [florencia.montagnini@yale.edu](mailto:florencia.montagnini@yale.edu)

**Resumen**

En Latinoamérica existen 200-357 millones de hectáreas de sistemas agroforestales (SAF), principalmente sistemas silvopastoriles y árboles con cultivos anuales y perennes (café, cacao, yerba mate). La captura de carbono (C) por SAF en biomasa aérea es 0,29-15,21 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en suelos es 30-300 Mg C ha<sup>-1</sup> dependiendo del sitio, diseño, especies, edad y manejo. En SAF con yerba mate, *Ilex paraguariensis*, los árboles cumplen función protectora y mejoran la fertilidad del suelo. En Rio Grande do Sul, Brasil fue estimado que la yerba puede capturar 5,45 Mg de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en promedio en biomasa aérea, con reservas en el suelo >56 Mg C/ha. Los SAF diversifican los ingresos y disminuyen los riesgos de producción y de mercados. Los SAF capturan carbono, y pueden evitar la deforestación al proveer productos maderables en tierras ya deforestadas, siendo una herramienta para proyectos de desarrollo que incluyen REDD+.

**Palabras clave:** América Latina, carbono, diversificación, microclima, yerba mate

**Summary**

In Latin America there are approximately 200-357 million hectares of agroforestry systems (AFS), mainly silvopastoral systems and shaded annual and perennial crops (coffee, cacao, yerba mate). Carbon sequestration by AFS in aerial biomass is 0.29-15.21 Mg C ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and in soils it is 30-300 Mg C ha<sup>-1</sup> depending on site, design, species, age and management. In AFS with yerba mate, *Ilex paraguariensis*, trees have a protective function and improve soil fertility. In Rio Grande do Sul, Brazil, yerba mate was estimated to capture an average of 5.45 Mg C ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> in aerial biomass, with soil reserves >56 Mg C/ha. AFS diversify farm income and can contribute to decrease both market and production risks. AFS can capture carbon and also avoid deforestation by providing timber products in lands already deforested, thus serving as tool for development projects that include REDD+.

**Key words:** carbon, diversification, Latin America, microclimate, yerba mate

## Introducción

Los sistemas agroforestales (SAF) cumplen con muchas de las funciones necesarias para lograr objetivos productivos y de desarrollo rural, porque los árboles mejoran el microclima, promueven diversificación de ingresos, acumulan carbono y contribuyen a recuperar suelos y aumentar la productividad (Montagnini y Nair, 2004; Montagnini et al., 2014). El papel de los SAF en el desarrollo rural depende de su diseño y manejo, incluyendo especies anuales o perennes bajo sombra, sistemas silvopastoriles (SSP), sistemas multietrato (huertos familiares, SAF sucesionales), y sistemas complementarios (cercas vivas, rompevientos, corredores ribereños) (Montagnini *et al.*, 1992).

Mundialmente existen aproximadamente 1000 millones de hectáreas de SAF (Nair *et al.*, 2010). Los SAF se encuentran ampliamente difundidos en América Latina, con un total de 200-357 millones de ha incluyendo 14-26 millones en América Central y 88-315 en América del Sur, siendo los más prominentes los sistemas silvopastoriles (SSP) (combinación de árboles con pasturas/ganado en la misma unidad de producción) y los de cultivos anuales y perennes bajo sombra (Somarriba *et al.*, 2012). Los SAF con cultivos perennes tienen mayor potencial para la captura del C que los SAF con cultivos anuales, ya que el cultivo perenne contribuye a la captura de C total del sistema en su biomasa y suelos (Montagnini y Nair, 2004).

Entre los SAF con cultivos perennes, los más frecuentes incluyen especies como café, cacao, y yerba mate. En la yerba mate, *Ilex paraguariensis*, cultivada en NE de Argentina, S de Brasil y Paraguay los árboles cumplen una función protectora además de mejorar la fertilidad del suelo (Montagnini *et al.*, 2011). El cultivo de yerba mate orgánica en SAF está en aumento debido a sus beneficios financieros.

Los SAF son uno de los mecanismos para la adaptación al cambio climático (CC) debido a su diseño que promueve un microclima moderado bajo la sombra de los árboles, donde la temperatura en promedio puede disminuir en 2 a 5° C (Murgueitio *et al.*, 2011). Una ventaja adicional de los SAF es que pueden evitar la deforestación al proveer productos maderables en tierras ya deforestadas, convirtiéndose en una herramienta para los programas de REDD+.

El presente trabajo evalúa el papel de los sistemas agroforestales (SAF) sobre la adaptación y mitigación (AyM) del cambio climático (CC) y proyectos de deforestación evitada (REDD+). Basado en una revisión de literatura se presentan datos sobre la mitigación del CC con toma de C en diferentes tipos de SAF (SAF con cultivos anuales y perennes y sistemas silvopastoriles (SSP) en biomasa aérea y en suelos. Finalmente se plantea cómo pueden los SAF ser una herramienta efectiva para proyectos REDD+.

### Los SAF y la mitigación del cambio climático

Los SAF cumplen un papel importante en la mitigación del CC al disminuir la presión sobre los bosques, los cuales son el mayor reservorio de C, además de contribuir a la toma de C en el componente arbóreo, en cultivos y en suelos (Montagnini y Nair, 2004). El potencial para la captura de C por los SAF es muy variable, con tasas de 0,29-15,21 Mg de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la parte aérea, y acumulación de 30-300 Mg C ha<sup>-1</sup> para los suelos, dependiendo del sitio, tipo de SAF, especies involucradas, edad y manejo (Montagnini y Nair, 2004; Nair *et al.*, 2010). Para los SSP, se citan cifras de captura de C para la vegetación (aérea y subterránea) de 1,1-6,55 Mg de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Nair *et al.*, 2010).

### **Acumulación de C en SAF con cultivos anuales**

En SAF de cultivos anuales existe acumulación de C en las partes ‘lábilés’ del sistema (follaje y ramas de los árboles y en los cultivos anuales), y almacenamiento ‘permanente’ en los troncos de los árboles, el cual es mayor que en las lábilés. En Tabla 1 se ven valores de acumulación de C en biomasa aérea en SAF con cultivos anuales de un rango variable, de 0,65 a 30 Mg C/ha. En general los SAF con cultivos anuales acumulan cantidades de C menores que los SAF con especies perennes (Montagnini y Nair, 2004). Sin embargo, en Tabla 1 se ven rangos de 35 a 120 Mg C/ha especialmente en SAF de plantaciones con cultivos anuales intercalados (“Taungya”) donde los árboles son especies maderables de buen crecimiento.

Los sistemas Multiestrato en Tabla 1 incluyen huertos familiares, barbechos mejorados, y otros SAF con árboles de bosque o plantados asociados con cultivos anuales y perennes. La acumulación de C en SAF Multiestrato depende principalmente de los árboles acompañantes, los cuales si son de bosque maduro pueden llegar a valores de hasta casi 200 Mg/ha en clima ecuatorial (Af), en SAF en bosque lluvioso tropical. En cambio en climas tropicales con estación seca (Am y Aw) los valores para los SAF Multiestrato son más variables, llegando a alrededor de 100 Mg C/ha (**Tabla 1**).

### **Acumulación de C en SAF con cultivos perennes**

Los valores de acumulación de C para café con árboles plantados en la literatura disponible van de 47 a 237 Mg/ha, y para café con árboles de bosque, existen valores de 20 a casi 50 Mg/ha (**Tabla 1**). Para cacao se muestran valores de 24 a 52 Mg/ha (árboles plantados). En Rio Grande do Sul, Brasil fue estimado que la yerba mate puede capturar 5,45 Mg de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en promedio en biomasa aérea, con reservas en el suelo >56 Mg C/ha (Alegre *et al.*, 2007). En general los SAF con especies perennes acumulan más C que los SAF con anuales debido a la contribución adicional de los árboles o arbustos del cultivo perenne.

### **Acumulación de C en sistemas silvopastoriles (SSP)**

En **Tabla 1** se muestran para clima Af, en SSP de árboles plantados en pasturas valores de acumulación de C de 13-58 Mg C/ha, y en SSP de pasturas con árboles residuales de bosque, 19-74 Mg C/ha. Los árboles residuales de bosque en pasturas pueden alcanzar valores elevados de biomasa, dependiendo de la especie y la edad. Los SSP de bancos forrajeros dan valores menores (2-7 Mg/ha), debido a que los arbustos forrajeros son podados para facilitar el ramoneo por los animales.

En clima subtropical, datos de Misiones, Argentina muestran valores elevados de acumulación de C en SSP con árboles plantados, de 51 a 92 Mg C/ha. Estos SSP son basados en especies maderables seleccionadas y con buen manejo en establecimientos comerciales con buenos ingresos tanto por la madera como por los animales (Pinazo *et al.*, 2007; Fassola *et al.*, 2010).

### **Acumulación de c en suelos en SAF**

A nivel mundial, los suelos, dependiendo del ecosistema y clima de la región de que se trate, contienen tanto o más C que la vegetación que crece sobre ellos, de manera que el carbono orgánico del suelo (COS) juega un papel crucial en el ciclo global del C (Lal, 2005). Las técnicas que aumentan la toma y conservación del COS y evitan la erosión tales como las utilizadas en “agricultura alternativa”, en sistemas orgánicos, y en SAF tienen efectos positivos sobre la mitigación del CC (Lal 2005).

Estimaciones del COS almacenado por los SAF dan valores de 30 a 300 Mg C/ha en estudios realizados hasta 1 m de profundidad en el suelo (Nair *et al.*, 2010). Para los SSP se dan valores de 6,9 a 24,2 Mg/ha en regiones templadas y de hasta 130 a 173 Mg/ha en regiones tropicales, sin embargo estas cifras dependen de la profundidad de muestreo del suelo y los métodos utilizados para el análisis del COS (Nair *et al.*, 2010).

### Ecuaciones alométricas para especies utilizadas en SAF

Debido al interés creciente en los proyectos de carbono y a la urgencia en estimar la contribución de los diferentes componentes de los sistemas de uso de la tierra con referencia a sus funciones como emisores o acumuladores de C, numerosos trabajos han sido realizados recientemente para evaluar la cantidad de biomasa y C. Como las cosechas de partes de la biomasa del sistema son destructivas, han sido desarrollados modelos para poder estimar el C basados en mediciones de campo de diámetro, altura, y cosecha de biomasa con las cuales se construyen ecuaciones alométricas que permiten realizar los cálculos sin destruir el sistema.

En **Tabla 2** se muestran ecuaciones alométricas para especies utilizadas en SAF, que han sido plantadas, cuyas edades son conocidas. Se muestran ecuaciones para troncos, ya que es la parte de la biomasa que representa un almacenaje de C a largo plazo, y en algunos casos se presentan ecuaciones para biomasa total.

Para usar estas ecuaciones es importante tener en cuenta el sitio donde se han realizado las mediciones ya que éste influye sobre la biomasa producida. Asimismo es necesario usar ecuaciones que hayan sido preparadas para edades similares de los árboles del proyecto para el cual se quiera estimar su biomasa y C.

**Tabla 1: Rangos de acumulación de carbono (“C stock”) en biomasa aérea en SAF ordenados según el clima. Según el sistema Koeppen para clasificación de climas, Af es tropical sin estación seca, Am es tropical con estación seca corta, Aw es cálido con estación seca en invierno, Cfa es sub-tropical sin estación seca y verano cálido.**

**Table 1: Ranges of carbon accumulation (“C stock”) in aerial biomass in AFS sorted by climate. According to the Koeppen climate classification, Af is tropical without dry season, Am is tropical with short dry season, Aw is warm with a dry winter, Cfa is sub-tropical without a dry season and with a warm summer.**

Clima	Sistemas Agroforestales		C en biomasa aérea	
	Categoría	Subcategoría	C almacenado (Mg/ha)	# de datos
Af	Cultivos anuales	Taungya	35	1
Af	Cultivos perennes	Café con árboles plantados	22 a 35	2
Af	Multistrato	Cultivos alimentarios con árboles de bosque	64 a 69	2
Af	Multistrato	Barbecho mejorado	21 a 294	9
Af	Multistrato	SAF indígena	59	1
Af	Silvopastoril	Arboles plantados en pasturas	13 a 58	7
Af	Silvopastoril	Pasturas con árboles residuales	19 a 74	2
Af	Complementario	Cercas vivas	70	1
Am	Cultivos anuales	Cultivos en callejones	0.65	1
Am	Cultivos anuales	Taungya	58 a 120	1
Am	Cultivos perennes	Cacao con árboles plantados	24	1
Am	Cultivos perennes	Café con árboles plantados	47 a 237	1
Am	Cultivos perennes	Café y cacao en bosque	19 a 47	1
Am	Cultivos perennes	Café orgánico en bosque (policultivo)	39	1
Am	Cultivos perennes	Café orgánico árboles de Inga naturales	46	1
Am	Cultivos perennes	Policultivo de café bajo sombra,	39	1



		no orgánico		
Am	Cultivos perennes	Varios cultivos en bosque	41 a 74	2
Am	Multistrato	SAF Comercial	3 a 114	8
Am	Multistrato	Huertos familiares (indígenas)	72	1
Am	Multistrato	Barbecho mejorado	4 a 60	6
Am	Silvopastoril	Banco forrajero	2 a 7	3
Am	Silvopastoril	Arboles plantados en pasturas	0,31 a 3,3	9
Am	Silvopastoril	Pasturas con árboles residuales	2 a 31	11
Am	Complementario	Bosquetes	21	1
Aw	Cultivos anuales	Cultivos en callejones	30	1
Aw	Cultivos perennes	Cacao con árboles plantados	31 a 52	3
Aw	Multistrato	SAF Comercial	64,5	1
Cfa	Cultivos anuales	Cultivos con árboles plantados	7 a 23	6
Cfa	Cultivos perennes	Yerba mate con árboles plantados	12 a 169	5
Cfa	Silvopastoril	Arboles plantados en pasturas	51 a 92	2

### Aplicaciones de SAF en proyectos REDD+

Una ventaja adicional de los SAF con respecto a la mitigación del CC es que pueden evitar la deforestación al proveer productos maderables en tierras ya deforestadas, convirtiéndose en una herramienta importante para los programas de REDD+. En proyectos REDD+, los SAF son frecuentemente implementados en la periferia de la zona núcleo donde se quiere proteger al bosque, para contribuir con beneficios nutricionales y productos forestales y agrícolas para las comunidades del proyecto de desarrollo de que se trate. Por ejemplo, en Brasil y en Perú varios proyectos REDD+ promueven SAF con especies perennes como cacao, café, frutales, palmas y otras especies asociadas con árboles de múltiples usos, en las zonas periféricas para beneficiar a las comunidades que viven en zonas aledañas a los proyectos (REALU, 2012; Silva *et al.*, 2014).

En la Argentina se encuentran avanzadas formulaciones de varios proyectos REDD+. Para Misiones, los SAF de yerba mate son una de las opciones a utilizar en zonas circundantes a los bosques protegidos. Además del valor de los SAF en proveer beneficios a las comunidades, es necesario señalar su contribución en la captura de C. Para la estimación de captura de C por la yerba, se pueden utilizar ecuaciones alométricas para los arbustos de yerba mate tales como las desarrolladas por Alegre *et al.* (2007) (Tabla 2). Sin embargo en Brasil los árboles de yerba mate son podados de manera diferente que en Argentina, alcanzando mayores tamaños que en las plantaciones en la Argentina. Sería recomendable desarrollar ecuaciones alométricas para yerbales de diferentes edades para las situaciones de sitios y manejo que se dan en la Argentina.

Para realizar los cálculos es necesario conocer las densidades de plantas de yerba mate así como las de los árboles acompañantes. Por ejemplo, en Misiones un 15% de los productores tiene plantaciones de alta densidad (>1.800 plantas de yerba/ha), 48% tiene densidad mediana (1000–1800 plantas/ha), y 30-35% tiene plantaciones de menor densidad. Con respecto a los árboles acompañantes, se estima que una densidad final de aproximadamente 100 árboles/ha es recomendable para obtener buenos efectos ambientales e ingresos financieros atractivos para los agricultores (Montagnini *et al.*, 2011). Además de pino y araucaria, en Misiones especies nativas maderables o de otros usos son asociadas a la yerba mate, existiendo información sobre su productividad y silvicultura (Eibl *et al.*, 2012). Con ecuaciones alométricas como las que se muestran en Tabla 2, se puede estimar valores totales de captura de C para SAF de yerba mate. Con ello se determina el valor de mitigación del SAF además de los beneficios económicos y sociales a las comunidades circundantes al proyecto REDD+.

## **Conclusiones y recomendaciones**

Los SAF promueven adaptación a la variabilidad climática con la diversificación propia de estos sistemas, lo cual disminuye los riesgos y da más flexibilidad para cambiar hacia especies o variedades mejor adaptadas a las nuevas condiciones. Los SAF bien implementados y manejados pueden tener tasas de acumulación de C elevadas, y ser una herramienta efectiva para proyectos de desarrollo rural. Los SAF con cultivos perennes tienen mayor potencial para la toma de C que los SAF con cultivos anuales.

Tendencias actuales a nivel mundial abren nuevas oportunidades para los SAF como herramientas de AyM de CC, y para su uso en áreas aledañas a bosques protegidos en proyectos REDD+. Los SAF son considerados sistemas claves en la transformación de la agricultura convencional en “Agricultura climáticamente inteligente” (“Climate-smart agriculture”), es decir, una agricultura que aumenta la productividad de manera sostenible, es resiliente (tiene capacidad de adaptación ante los diferentes impactos ambientales o antropogénicos), reduce/evita o disminuye los GEI (mitigación) y a la vez contribuye al logro de metas nacionales de seguridad alimentaria y desarrollo (FAO, 2012). La promoción de los SAF para objetivos de AyM de CC requiere herramientas tales como ecuaciones alométricas que permitan la evaluación del potencial de los diferentes sistemas de uso de la tierra para la captura del C en las regiones de interés de los proyectos.

## Bibliografía

- Alegre, J. C., L. X. Montoya Vilcahuaman, G. Correa. 2007. Geração da curva alométrica para avaliar as reservas de carbono em plantios de erva-mate, no sul do Brasil. Colombo: Embrapa Florestas. 19 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Florestas, ISSN 1676-9449; 33.
- Brancher, T. 2010. Estoque e ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tome Azu, Amazonia Oriental. MS Thesis, Universidad Nacional do Para, Belem, Para, Brazil. 58pp
- Eibl, B. I, Barth, S. R., Montagnini, F. 2012. *Adaptabilidad y crecimiento de especies nativas en áreas degradadas de la provincia de Misiones. Actas 15as Jornadas Forestales y Ambientales, Fac. Ciencias Forestales, Univ. Nac. de Misiones-EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina, Junio 2012.*
- Fernández Tscheder E.; R. Martiarena; J. Goya; A. Lupi; J. Frangi. 2004. Ajuste de ecuaciones para la determinación de la biomasa de plantaciones de *Araucaria angustifolia* (bert.) O. Ktze en el Norte de la provincia de Misiones. 11as Jornadas Técnicas Forestales. Eldorado, Misiones. Octubre de 2004.
- Fassola, H. E.; Crechi, E. H.; Barth, S. R. ; Keller, A.E. ; Winck, R. A. ; Martiarena, R. ; Von Wallis, A. , Pinazo, M. A.; Knebel, O. 2010. Modelos regionales de biomasa aérea de *Pinus taeda* para Misiones y NE de Corrientes, Argentina. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 10, 11 y 12 de Junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. Moving forward with Climate-smart agriculture. [www.fao.org/climatechange/climate-smart](http://www.fao.org/climatechange/climate-smart).
- Lal, R. 2005. Soil carbon sequestration in natural and managed tropical forest ecosystems. In: F. Montagnini (Ed.). Environmental Services of Agroforestry Systems. Haworth Press, New York. pp. 1-30.
- López, L. N. 2010. Biomasa y cantidad de carbono almacenado en *Tabebuia hepyaphylla*, en un sistema agroforestal con *Ilex paraguariensis*. Integradora II. Facultad de Ciencias Forestales, Univ. Nacional de Misiones, Argentina. 31pp.
- Messa Arboleda, H. F. 2009. Balance de gases de efecto invernadero en un modelo de producción de ganadería doble propósito con alternativas silvopastoriles en Yaracuy, Venezuela. MSTesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 225 pp.
- Montagnini, F. *et al.*, 1992 Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos. 2da. ed. rev. y aum. Organización para Estudios Tropicales (OTS). San José, Costa Rica. 622 pp.
- Montagnini, F.; P. K. Nair. 2004. Carbon Sequestration: An under-exploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agrofor. Syst.* 61: 281-295.
- Montagnini, F., Eibl, B., Barth, S. R. 2011. Organic yerba mate: an environmentally, socially and financially suitable agroforestry system. *Bois et Forêts des Tropiques* 308: 59-74.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). 2014. Sistemas Agroforestales en el Neotrópico. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico, CATIE, Turrialba, Costa Rica. En preparación, 2013-2014.
- Montero, M.; F. Montagnini. 2005. Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies forestales nativas en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica. *Rec. Nat. y Ambiente (Costa Rica)* 45: 118-125.
- Murgueitio, E.; Z. Calle; F. Uribe; A. Calle; B. Solorio. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *For. Ecol. Manage.* 261 (10): 1654-63.
- Nair, P. K. R.; V. D. Nair; B. M. Kumar; J. M. Showalter. 2010. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Adv. Agron.* 108: 237-307.
- Pinazo MA, Martiarena RA, Von Wallis A, Crechi E, Pahr NM, Knebel O (2007). Efectos de la intensidad de raleo sobre la compartimentalización y stock de carbono en plantaciones de *Pinus taeda* L. establecida sobre Ultisoles de Misiones. *RIA* 36 (1): 5-20. Abril 2007. INTA, Argentina.
- Reducing Emissions from All Land Uses in Peru. 2012. Carbon Report Year 1. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins. Nairobi, Kenya. Preliminary draft, January 2012. 7pp. ICRAF/Peru.
- Segura, M., M. Kanninen, and D. Suárez. 2006. Allometric Models for Estimating Aboveground Biomass of Shade Trees and Coffee Bushes Grown Together. *Agroforestry Systems* 68: 143-150.
- Silva Aguad, C., Valentina Robiglio and Jason Donovan. 2014. Un enfoque de paisaje a los esquemas REDD+, la experiencia de reducir emisiones en distintos usos de la tierra con productores de cacao en el Amazonas Peruano. Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., Eibl, B. (Eds.). Sistemas Agroforestales en el Neotrópico. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica Informe Técnico, CATIE, Turrialba, Costa Rica. En preparación, 2013-2014.
- Somarriba E, Beer J, Alegre Orihuela J, Andrade H, Cerda R, Declerck F, Detlefsen G, Escalante M, Giraldo LA, Ibrahim M, Krishnamurthy L, MENA V, Mora-Delgado J, Orozco L, Scheelje M, Campos, J J. 2012. Mainstreaming agroforestry in Latin America. In: Nair PKR, Garrity DP (eds.). *Agroforestry: the way forward*. Adv. Agrofor. 9. Springer, New York, p. 429-453.
- Soto-Pinto, L., M. Anzueto, J. Mendoza, G. Jimenez Ferrer, and B Jong. 2009. Carbon Sequestration Through Agroforestry in Indigenous Communities of Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 78: 39-51.

**Tabla 2: Ecuaciones alométricas para especies leñosas frecuentemente plantadas en SAF en América Latina.**  
**Table 2: Allometric equations for woody species frequently planted in AFS in Latin America.**

Especies	Edad (años)	Ecuación Alométrica		Sistema Agroforestal	País	Sitio	Fuentes de Información
Nombre			Tipo				
<i>Araucaria angustifolia</i>	20-40	PS=635.3+32.30*DAP <sup>2</sup> *ALT	Tronco	Cultivos perennes	Argentina	Misiones	Fernández Tscheder <i>et al.</i> (2004)
<i>Araucaria angustifolia</i>	20-40	PS=-41.71+0.565*DAP <sup>2</sup>	Total	Cultivos perennes	Argentina	Misiones	Fernández Tscheder <i>et al.</i> (2004)
<i>Balizia elegans</i>	8	ln(Biomasa) = -4.491 + 2.672 ln(DAP)	Tronco	Silvopastoril	Costa Rica	Sarapiquí	Montero y Montagnini ( 2005)
<i>Calophyllum brasiliense</i>	8	ln(Biomasa) = -2.570 + 2.454 ln(DAP)	Tronco	Silvopastoril	Costa Rica	Sarapiquí	Montero y Montagnini ( 2005)
<i>Coffea arabica</i>	>20	Y = 0.2811D <sup>2.0635</sup>	Total	Cultivos perennes	México	Chiapas	Soto-Pinto <i>et al.</i> (2009)
<i>Cordia alliodora</i>		Log <sub>10</sub> (BA) = -0.755+2.702*log <sub>10</sub> (DAP(cm))	Total	Cultivos perennes	Nicaragua	Yassica Sur	Segura <i>et al.</i> (2006)
<i>Dipteryx oleifera</i>	8	ln(Biomasa) = -2.831 + 2.747 ln(DAP)	Tronco	Silvopastoril	Costa Rica	Sarapiquí	Montero y Montagnini ( 2005)
<i>Euterpe oleracea</i>	10-14	PS = exp (-0.0470+ 0.075*DAP)	Tronco	Multiestrato	Brasil	Tome Acu, Pará	Brancher (2010)
<i>Gliricidia sepium</i>	5-8	ln(PS)=-3.5795+2.5728ln(Diámetro Basal) <sup>2</sup>	Total	Silvopastoril	Venezuela	San Javier, Yaracuy	Messa Arboleda (2009)
<i>Gliricidia sepium</i>	5-8	ln(PS)=-3.7067+2.4567ln(Diámetro Basal) <sup>2</sup>	Tronco	Silvopastoril	Venezuela	San Javier, Yaracuy	Messa Arboleda (2009)
<i>Guazuma crinita</i>		PS = 0.0423 * (DAP*2.6514)	Total	Silvopastoril	Perú	Yurimaguas	REALU II (2012)
<i>Hevea brasiliensis</i>	10-14	C=exp(-4.07305+1.63781*ln(DAP)+1.21724*ln(ALT))	Tronco	Multiestrato	Brasil	Tome Acu, Pará	Brancher (2010)
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	8	ln(Biomasa) = -3.136 + 2.591 ln(DAP)	Tronco	Silvopastoril	Costa Rica	Sarapiquí	Montero y Montagnini ( 2005)
<i>Ilex paraguariensis</i>	4-35	PS= -20.255 + 0.8081*edad + 3.9672*ALT + 3.6923*Biomasa Foliar	Total	Cultivos anuales	Brasil	Rio Grande do Sul	Alegre <i>et al.</i> (2007)
<i>Inga punctata</i>		Log <sub>10</sub> (BA) = -0.889+2.317*log <sub>10</sub> (DAP(cm))	Total	Cultivos perennes	Nicaragua	Yassica Sur	Segura <i>et al.</i> (2006)
<i>Inga tonduzzi</i>		Log <sub>10</sub> (BA) = -0.936+2.348*log <sub>10</sub> (DAP(cm))	Total	Cultivos perennes	Nicaragua	Yassica Sur	Segura <i>et al.</i> (2006)
<i>Jacaranda copaia</i>	8	ln(Biomasa) = -3.581 + 1.804 ln(DAP)	Tronco	Silvopastoril	Costa Rica	Sarapiquí	Montero y Montagnini ( 2005)
<i>Juglans olanchana</i>		Log <sub>10</sub> (BA) = -1.417+2.755*log <sub>10</sub> (DAP(cm))	Total	Cultivos perennes	Nicaragua	Yassica Sur	Segura <i>et al.</i> (2006)
<i>Leucaena leucocephala</i>	2-5	ln(PS)=-2.9836+2.0428ln(Diámetro Basal) <sup>2</sup>	Tronco	Silvopastoril	Venezuela	San Javier, Yaracuy	Messa Arboleda (2009)

**ANÁLISIS DE SUSTENTABILIDAD EN PLANTEOS SILVOPASTORILES PARA  
PEQUEÑOS PRODUCTORES DE ELDORADO, MISIONES.**

**ANALYSIS OF SUSTAINABILITY IN SILVOPASTORALSYS-  
TEMSFOR SMALL PRODUCERS OF ELDORADO, MISIONES**

**Avogadro, Evangelina<sup>1</sup>; Chifarelli, D<sup>2,3</sup>; Stevani, R<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 119, CC 31 La Plata, Buenos Aires, Argentina. mail: evangelinaavogadro@gmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. <sup>3</sup> INTA AER Eldorado.

**Resumen**

La provincia de Misiones concentra la mayor cantidad de pequeños productores (PP) agropecuarios del país. La globalización y las políticas neoliberales provocaron un fuerte proceso de expulsión de mano de obra rural. Los sistemas silvopastoriles (SSP) se presentan como una alternativa para aquellos que aún resisten la expulsión. El objetivo del trabajo fue evaluar la sustentabilidad de los SS Putilizados por PP en Eldorado abordando las dimensiones económica, social y ambiental a través de la aplicación de indicadores, contruidos de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Los productores seleccionados pertenecen a la clasificación de Agricultura Familiar de Chifarelli (2010). El uso de indicadores permitió aproximarse al nivel de sustentabilidad y estableció los puntos más críticos dentro de los SSP.

**Palabras Clave:** Indicadores, agricultura familiar, establecimientos, dimensiones.

**Summary**

The province of Misiones concentrates the major quantity of small producers (PP) of the country. The globalization and the neoliberal policies provoked a strong process of expulsion of rural workforce. The silvopastoral systems (SSP) appear as an alternative for those producers who still resist the expulsion. The aim of the work was to evaluate the sustainability of the SS Pusedby PP in Eldorado approaching the dimensions economic, ecological and social across the application of indicators, constructed of agreement to the methodology proposed by Sarandón (2002). The selected producers belong to the classification of family arming of Chifarelli (2010). The use of indicators allowed to come closer at the level of sustainability and established the most critical points inside the SSP.

**Key words:** Indicators, family farming, establishments, dimensions.

## **Introducción**

La región nordeste de nuestro país concentra la mayor cantidad de pequeños productores (PP) agropecuarios, siendo la provincia de Misiones, con 24.249 EAPs la que encabeza la lista (CNA, 2002).

Los PP del norte Misionero se encuentran en un proceso de paulatina descapitalización desde la década del 80, después de casi 30 años de crecimiento sostenido (Suarez da Silva, 2012). Esto se debe a un proceso de concentración capitalista de la producción, manufacturación y comercialización de los cultivos tradicionales en manos de acopiadores y molineros. Se suma a ello, la preponderancia en la economía provincial de las actividades ligadas a la explotación forestal, apoyadas desde el Estado, caracterizadas por la instalación de empresas internacionales de capital integrado, con realización de cultivos de tipo intensivo en la zona de mejores tierras (Alto Paraná y otras zonas de la provincia) con su correspondiente proceso de concentración (Schvorer, 2011).

La profundización de los procesos de diferenciación social agraria, han llevado a un mayor empobrecimiento y expulsión de la población rural a los centros urbanos (particularmente obreros rurales, pequeños colonos y campesinos). Estos procesos han puesto en cuestión la supervivencia de la pequeña producción familiar en Misiones y multiplicado los problemas de acceso a la tierra, vivienda y al trabajo en las principales ciudades misioneras (Schvorer, 2011).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) se presentan como una alternativa para aquellos productores que aún resisten la expulsión debido al avance del desarrollo capitalista. Estos sistemas productivos representan una modalidad de uso de la tierra donde coexisten interacciones ecológicas y/o económicas, positivas y negativas entre los componentes arbóreos, forrajeros y ganaderos (Cameron *et al.*, 1994).

Sus efectos positivos combinados con la utilización más eficiente de la mano de obra familiar y su gran flexibilidad para adecuarse a los ciclos de precios y diferentes realidades socio-económico productivas, convierten a los SSP en una alternativa factible, sostenible y sustentable (Houriet *et al.*, 2009).

El objetivo del trabajo fue evaluar la sustentabilidad de los SSP utilizados por los PP en Eldorado abordando los aspectos económicos, ecológicos y sociales a través de la aplicación de indicadores.

## **Material y métodos**

### **Área de estudio**

El departamento de Eldorado se encuentra ubicado al noreste de la provincia de Misiones (26°24'00"S, 54°38'00"O), conformado por cinco municipios: Eldorado, Colonia Delicia, 9 de Julio, Santiago de Liniers y Colonia Victoria.

Una amplia superficie de esta región es implantada, siendo importante destacar el bajo uso tanto de cultivos como de pasturas anuales respecto de las plantaciones perennes, de las cuales la yerba mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hil.) es la más importante. Dentro de los sistemas productivos de la zona, la forma de organización del trabajo prevaleciente es la basada en el aporte de mano de obra familiar (Gunther *et al.*, 2008).

### **Selección de productores**

Para Chifarelli (2010), la Agricultura Familiar (AF) debe ser entendida a partir de la comprensión de las relaciones sociales de producción dentro del modo de producción capitalista. La AF forma parte de los PP dentro de la clase capitalista ya que poseen medios de producción y venden mercancías en el mercado.

Para la realización del trabajo se analizaron 2 productores (**tabla 1**) de cada una de las siguientes categorías dentro de la clasificación de AF de Chifarelli (2010):

-Pequeño Productor Capitalizado (PMS): realizan venta de mercancías con utilización de fuerza de trabajo asalariada y familiar. Acumulan capital con mayor o menor dificultad en función de los ciclos económicos particulares. Escala de extensión generalmente menos de 100 ha y más de 25 ha.

-Productor Mercantil Simple (PPC): venta de mercancías con utilización de mano de obra familiar y venta o compra puntual de fuerza de trabajo. No acumulan capital. Escala de extensión generalmente menos de 50 ha y más de 20 ha.

Los datos fueron obtenidos a partir de entrevistas semi-estructuradas.

**Tabla 1: Resumen de la descripción de los productores analizados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.**

**Table 1: Summary of the description of the producers analyzed in a study of sustainability in four establishments with SSP in Eldorado, Misiones.**

	Productor Mercantil Simple		Pequeño Productor Capitalizado	
	PMS I	PMS II	PPC I	PPC II
Organización	PUSaLi*	PUSaLi	AFGM**	AFGM
Superficie del establecimiento	Total 20 ha, 13 corresponden a monte nativo. 5,5 ha se encuentran en producción con diversidad de cultivos (venta y autoconsumo) y 1,5 ha corresponde a SSP.	Total 35 ha, de las cuales 6 corresponden a monte nativo. 2 ha se hayan bajo SSP y las restante con plantación de <i>Araucariaangustifolia</i> y diversos cultivos.	Total 40 ha, 5 corresponden a monte nativo. 10 ha se destinan a SSP y las restante a potreros a cielo abierto y cultivos para la suplementación animal.	Total 28 ha. Cerca de la totalidad de la superficie se encuentra con SSP, solo un pequeña superficie (0,5 ha) se destina a diversos cultivos.
Composición SSP	Componente forestal: <i>Pinus sp.</i> Base forrajera: pasto jesuita gigante ( <i>Axonopus catarinensis</i> Valls). Componente animal: 8 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Eucalyptus sp.</i> Base forrajera: pastoelefante ( <i>Penisetum purpureum</i> Schum). Componente animal: 11 cabezas de ganado	Componente forestal: <i>Pinus sp.</i> Base forrajera: jesuita gigante. Componente animal: 50 cabezas de ganado.	Componente forestal: <i>Pinus sp.</i> Base forrajera: pasto jesuita gigante, pasto alambre ( <i>Brachiaria brizantha cv Marandú</i> ), y pasto estrella ( <i>Cynodon plectostachyus</i> ). Componente animal: 35 cabezas de ganado.

\* Productores Unidos de Santiago de Liniers. \*\* Asociación Foresto-Ganadera de Misiones

### Marco conceptual

Se evaluó la sustentabilidad, considerando que los sistemas deberían mantener constante el capital natural, entendido como las reservas ambientales que proveen bienes y servicios (Harte, 1995).

Definimos a la agricultura sustentable como aquella que “permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales que lo soportan” (Sarandón *et al.*, 2006).

De acuerdo con este marco conceptual, la agricultura sustentable debe cumplir satisfactoria y simultáneamente con los siguientes requisitos: 1) Ser suficientemente productiva, 2) Ser económicamente viable, 3) Ser ecológicamente adecuada y 4) Ser cultural y socialmente aceptable (Sarandón *et al.*, 2009).

### **Construcción, estandarización y ponderación de los indicadores**

Un indicador es una variable, seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente detectable (Sarandón, 2002). Los indicadores se construyeron de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002), para la dimensión económica, ecológica y social.

Los datos obtenidos fueron estandarizados mediante la transformación a una escala de 0 a 3, siendo 0 el valor más bajo de sustentabilidad y 3 el mayor valor.

Posteriormente, los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2006). La ponderación se realizó por discusión y consenso entre los autores.

Se definió un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el Índice de Sustentabilidad General (ISG), por encima del mismo el sistema podía considerarse sustentable. Este valor debía ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 1,5.

A continuación se desarrolla solo uno de los indicadores construido a partir de la metodología planteada debido a su extensión, en Avogadro (2013) se aborda con mayor profundidad la totalidad de los indicadores:

#### **Dimensión Ecológica. Categoría Suelo. Indicador Manejo de los Residuos.**

El mantenimiento de los residuos en el lote es una estrategia fundamental para mantener la materia orgánica en el sistema. La quema de residuos o su extracción fuera del lote, con distintos propósitos, son prácticas dañinas para la formación de materia orgánica ya que los residuos no son devueltos al suelo (Flores, 2012).

3	<i>Los residuos de todas las prácticas son molidos y esparcidos en el lugar.</i>
2	<i>Los residuos de todas las prácticas quedan acumulados en el lugar.</i>
1	<i>Extrae del lugar la totalidad de los residuos.</i>
0	<i>Realiza la quema de la totalidad de los residuos en el lugar.</i>



## Resultado y discusión

A fin de simplificar el análisis, los resultados obtenidos fueron evaluados a nivel de dimensiones y categorías (**tabla 2**).

Las formulas en las cuales se realizó la ponderación y se obtuvo el valor del ISG para cada dimensión se muestran a continuación:

$$\begin{aligned} & \text{Dimensión Ecológica (DE):} \\ & \frac{A\left(\frac{A_1 + 2 * A_2 + 2 * A_3 + A_4}{6}\right) + B\left(\frac{2 * B_1 + 2 * B_2}{4}\right) + C\left(\frac{2 * C_1}{2}\right)}{3} \\ & \text{Dimensión Social (DS):} \\ & \frac{A(A_1) + B\left(\frac{B_1 + B_2}{2}\right) + C\left(\frac{2 * C_1 + 2 * C_2}{4}\right)}{3} \\ & \text{Dimensión Económica (DK):} \\ & \frac{A\left(\frac{A_1 + 2 * A_2 + A_3}{4}\right) + B(B_1) + C\left(\frac{2 * C_1 + C_2}{3}\right)}{3} \\ & \text{Índice de Sustentabilidad General (ISG):} \\ & \frac{DE + DS + DK}{3} \end{aligned}$$

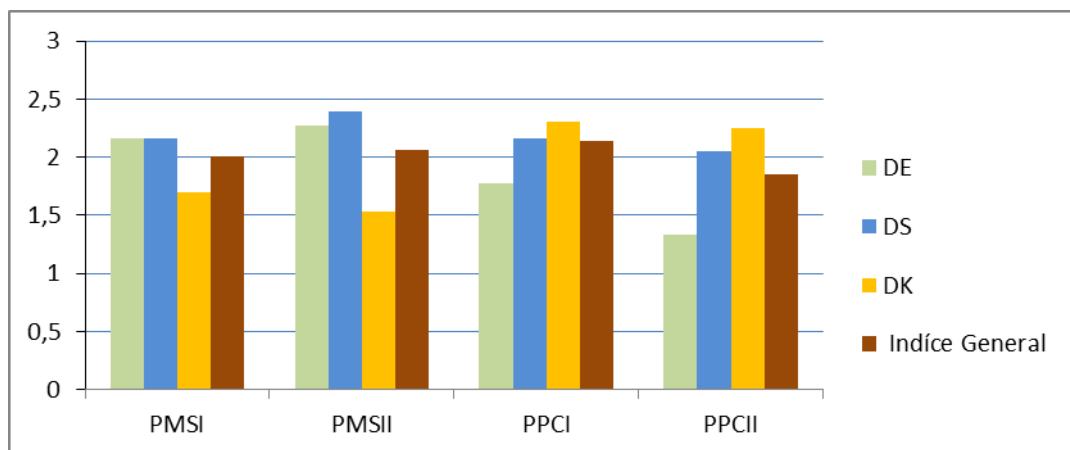
**Tabla 2: Resumen de las dimensiones, categorías e indicadores aplicados en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.**

**Table 2: Summary of the dimensions, categories and indicators applied in a study of sustainability in four establishments with SSP in Eldorado, Misiones.**

Dimensión	Categoría	Indicador
Ecológica	A. Suelo	A <sub>1</sub> . Degradación del Suelo
		A <sub>2</sub> . Manejo de los Residuos *
		A <sub>3</sub> . Sobrepastoreo *
		A <sub>4</sub> . Uso de Agroquímicos
	B. Biodiversidad	B <sub>1</sub> . Monte Nativo *
		B <sub>2</sub> . Interacción de Componentes *
C. Agua	C <sub>1</sub> . Manejo del Recurso Hídrico*	
Social	A. Aceptabilidad	A <sub>1</sub> . Aceptabilidad de los Sistemas
	B. Calidad de Vida	B <sub>1</sub> . Riesgo a la Salud
		B <sub>2</sub> . Composición Mano de Obra
	C. Participación Social	C <sub>1</sub> . Vinculación con el Medio *
		C <sub>2</sub> . Capacitación *
	Económica	A. Producción
A <sub>2</sub> . Producción de Carne *		
A <sub>3</sub> . Producción de Madera		
B. Rentabilidad		B <sub>1</sub> . Rentabilidad
C. Riesgo económico		C <sub>1</sub> . Diversificación *
		C <sub>2</sub> . Insumos Externos

\*Indicador ponderado con el valor de 2.

En el **gráfico 1** se observa que el ISG para los cuatro establecimientos fue superior al valor umbral (1,5), por lo tanto pueden considerarse sustentables. A nivel dimensiones, se observa que en la DS todos los establecimientos se encuentran por encima del umbral, en la DE solo el PPC II se encuentra por debajo del umbral y en la DK el PMS II es el único que se encuentra en el límite del umbral, estando todos los restantes por encima de este.



**Gráfico 1: Valores de las dimensiones DE, DS y DK y del ISG en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.**

**Figure 1: Dimension values DE, DK and DS and ISG in a study of sustainability in four establishments with SSP in Eldorado, Misiones.**

Cuando se reagrupa a los productores: PMS (conformado por PMS I y PMS II) y PPC (conformado por PPC I y PPC II), a nivel dimensiones se puede observar que para el grupo PMS los altos valores que obtienen en la DE se contraponen a los bajos valores que obtienen en la DK, en cambio en el grupo PPC esta situación se revierte completamente, con lo cual en la DE obtienen los menores valores (PPC II obtiene valores por debajo del umbral) y es en la DK donde obtienen los mayores valores (**gráfico 1**).

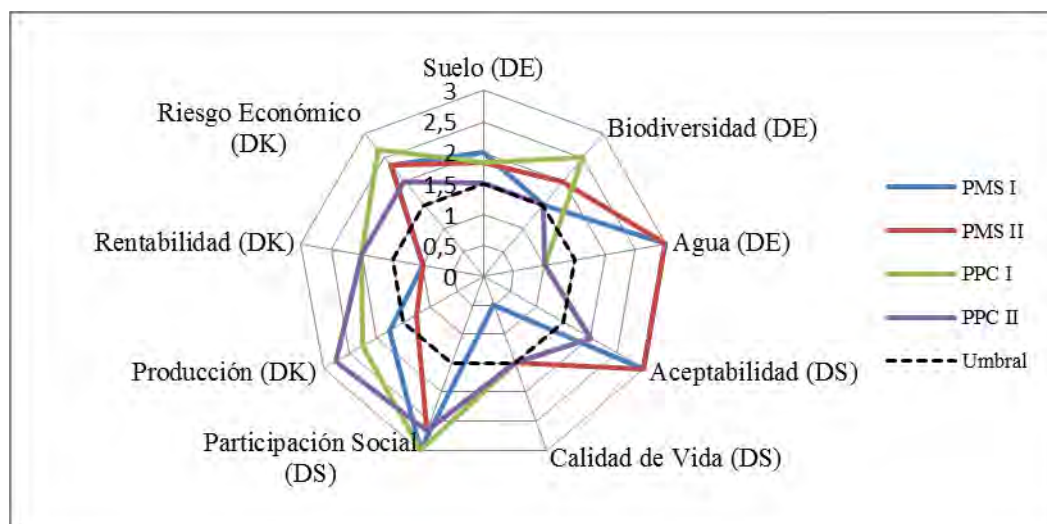
**Tabla 3: Valores, promedio, Coeficiente de Variación (CV) e ISG de las dimensiones DE, DS y DK y valores de las categorías en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones.**

**Table 3: Values, average, Coefficient of Variation (CV) and ISG of the dimensions DE, DS and DK and values of the categories in a study of sustainability in four establishments with SSP in Eldorado, Misiones.**

	PMS I	PMS II	PPC I	PPC II	Promedio	CV %
Suelo	2,00	1,83	1,83	1,50		
Biodiversidad	1,50	2,00	2,50	1,50		
Agua	3,00	3,00	1,00	1,00		
<b>DE</b>	<b>2,17</b>	<b>2,28</b>	<b>1,78</b>	<b>1,33</b>	<b>1,89</b>	<b>22,66</b>
Aceptabilidad	3,00	3,00	2,00	2,00		
Calidad de Vida	0,50	1,50	1,50	1,50		
Participación Social	3,00	2,67	3,00	2,67		
<b>DS</b>	<b>2,17</b>	<b>2,39</b>	<b>2,17</b>	<b>2,06</b>	<b>2,19</b>	<b>6,37</b>
Producción	1,75	1,25	2,75	2,50		
Rentabilidad	1,00	1,00	2,00	2,00		
Riesgo Económico	2,33	2,33	2,67	2,00		
<b>DK</b>	<b>1,69</b>	<b>1,53</b>	<b>2,47</b>	<b>2,17</b>	<b>1,97</b>	<b>22,03</b>
<b>ISG</b>	<b>2,01</b>	<b>2,06</b>	<b>2,14</b>	<b>1,85</b>	<b>2,02</b>	<b>6,04</b>

Esto también se observa en el Coeficiente de Variación (CV) de la **tabla 3** donde el alto grado de variación tanto en la DE (22,66%) como en la DK (22,03%) se da entre los grupos y no dentro de los mismos. La DS presentó la menor variación (6,37%) entre grupos y entre los cuatro productores, superando todo el umbral.

Dentro de la DE, la categoría agua expresa el mayor valor para el grupo PMS y muy por debajo del umbral para PPC, en biodiversidad PMS I y PPC II se encuentran en el límite del umbral y los dos restantes por encima. En la categoría suelo tres establecimientos coinciden en el valor de dos y PPC II se encuentra en el límite del umbral (**gráfico 2**).



**Gráfico 2:** Representación en un gráfico tipo tela de araña de los valores de las categorías pertenecientes a las dimensiones DE, DS y DK en un estudio de sustentabilidad en cuatro establecimientos con SSP en Eldorado, Misiones. La línea punteada representa el valor umbral de 1,5.

**Figure 2:** Graphic representation in a spider web type of category values belonging to the dimensions DE, DS and DK in a study of sustainability in four establishments with SSP in Eldorado, Misiones. The dotted line represents the threshold value of 1.5.

Para la DS el grupo PMS obtiene el mayor valor en la categoría aceptabilidad y el grupo PPC el valor de dos. Calidad de vida es un aspecto muy crítico para todos los establecimientos. En cuanto a la participación social todos los productores coincidieron en el máximo nivel, resaltando esto como un aspecto muy positivo dentro de los sistemas (**gráfico 2**).

Por último, para la DK la categoría producción tiene una alta variabilidad de los valores pero solo PMS II se encuentra en un punto crítico. En rentabilidad el grupo PPC se encuentra por encima del umbral y PMS muy por debajo. Finalmente el riesgo económico no presenta inconvenientes para la sustentabilidad de ningún establecimiento.

En el trabajo se pudo observar que los productores eligen a los SSP por los beneficios otorgados (protección del ganado, mayor producción de forraje, etc.) y que repercuten en aspectos económicos y ecológicos. La posibilidad de obtener en una misma superficie varios productos y aumentar la calidad de los mismos, les brinda estabilidad económica a los PP de la región. En concordancia Lacorte *et al.* (2009) asegura que los servicios que brinda cada componente hacia los otros, en los SSP correctamente manejados, no generan situaciones de competitividad entre sí e incrementan la productividad total por unidad de superficie, debido a que se mejora la estructura y fertilidad del suelo y de esta manera se incrementa la producción y/o calidad del forraje y del ganado ya que este cuenta con mayor confort.

Ahora bien, se observa que para los productores mercantiles (PMS) existe una mayor consciencia en aspectos ecológicos en comparación a los productores capitalizados (PPC), debido a que estos últimos buscan en cierta medida acumular capital a costa del recurso natural. Además, estos últimos, pueden intensificar más la producción y aumentar la explotación en su predio ya que cuentan con el capital necesario para hacerlo.

Lo dicho anteriormente coincide con lo expresado por Carranza *et al.* (2009), quien aclara que mientras los empresarios rurales medianos y grandes persiguen rentabilidad a corto y mediano plazo mediante producción enfocada al mercado, los PP campesinos privilegiaban una mayor diversificación, con fines de autoconsumo y solo la generación de excedentes para el mercado.

### **Conclusión**

El uso de indicadores permitió aproximarse al nivel de sustentabilidad de los establecimientos estudiados y, como aspecto a resaltar, estableció los puntos más críticos dentro de los SSP. De esta forma, se contribuye con este trabajo, en visualizar aquellos aspectos que deberían ser tenidos en cuenta a la hora de pensar estrategias de trabajo para la implementación de los SSP en la AF y, a una mayor escala, formular políticas que estimulen la adopción de estos sistemas productivos en un contexto de sustentabilidad.

Resulta fundamental la participación de los productores en organizaciones que le brinden información sobre este tipo de sistemas productivos y que además permitan la vinculación con otros productores. La posibilidad de obtener información a través de capacitaciones es un eje fundamental para que los sistemas silvopastoriles sigan siendo implementados en la región. La consciencia ante aspectos sociales por parte de los productores muestra que la intención de cambio por sistemas más sustentables es posible y que este tipo de sistemas productivos son factibles en la región.

## Agradecimientos

A los integrantes de la Agencia de Extensión Rural INTA Eldorado. A los médicos veterinarios Andrea Pantiu y Jorge Libutskypor su buena predisposición. A los productores por permitirnos realizar este trabajo.

## Bibliografía

- Avogadro, E. G. 2013. Análisis de sustentabilidad en planteos silvopastoriles para pequeños productores de Eldorado, Misiones. Trabajo de tesis para acceder al título de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Octubre, 2013.
- Cameron, C., Drance, S., Edwards, D., Jones, D. 1994. Árboles y pasturas: Un estudio sobre los efectos del espaciado. Agroforestería de las Américas. Pp. 8-9. (Traducido por AdrienneGiemenez).
- Carranza, C. A., Ledesma, M. 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 de Octubre 2009. Pp. 1-5.
- Chifarelli, D. 2010. Acumulación, Éxodo y Expansión: un análisis sobre la agricultura familiar en el norte de Misiones. 1ª ed. Buenos Aires: Ediciones INTA. Pp. 34-123.
- CNA, 2002. Censo Nacional Agropecuario 2002.
- Flores, C. C. 2012. Evaluación de la sustentabilidad de un proceso de transición agroecológica en sistemas de producción hortícolas familiares del partido de La Plata. Trabajo de tesis para acceder al grado de MSc en Economía Agroalimentaria (Orientación desarrollo rural). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Pp 169-255.
- Gunther, D.F, Correa M., Lysiak, E. 2008. Zonas agroeconómicas homogéneas y sistemas de producción predominantes de la Provincia de Misiones. Boletín INTA EEA Cerro Azul, Misiones (Argentina). Pp. 9-87.
- Harte M J. 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. Ecological Economics. Pp.157.
- Houriet, J. L., Rossner, M. B., Colcombet, L. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles en establecimientos de pequeños productores de Misiones, Argentina. Actas 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos sociales-equidad, Posadas, Misiones. Pp. 5.
- Lacorte, S. M.; Esquivel, J. I. 2009. Sistemas silvopastoriles en La Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas Primer Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Posadas. Misiones. Argentina. Pp. 70-82.
- Sarandón, S.J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En Agroecología. El Camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón, S.J, ed.). Ediciones Científicas Americanas. Pp. 393-414.
- Sarandón, S.J., Zuluaga, M.S., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Revista Agroecología. Pp. 19-28.
- Sarandón, S.J., Flores, C.C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. Revista Agroecología, España. Pp. 19-28.
- Schvorer, E. L. 2011. Estructura social agraria, Estado y conflictos sociales. Las circunstancias de una historiografía regional. Ponencia presentada en las XIII Jornadas Interescuelas-Departamentos de Historia, Catamarca, agosto del 2011 (versión revisada). Misiones. Pp. 15-16.
- Suares Da Silva, J. C. 2012. Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas productivos en chacras de pequeños productores en el departamento General Manuel Belgrano provincia de Misiones, Argentina. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área de Desarrollo Rural. Pp. 43-75.

**EXPERIENCIAS EN EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL NORTE MISIONERO.**

**EXPERIENCES IN ENVIRONMENTAL EDUCATION AT NORTH OF  
MISIONES**

**Von Wallis, Alejandra<sup>1-2\*</sup>; Besold, S.<sup>1</sup>; Fernandez, R.<sup>1-2</sup>; Costas, J.<sup>1</sup>; Haberle, T.<sup>1</sup>;  
Pahr, N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>EEA Montecarlo (INTA); <sup>2</sup>FCF – UNaM Eldorado - Misiones

\* Autor de contacto: [vonwallis.alejandra@inta.gonb.ar](mailto:vonwallis.alejandra@inta.gonb.ar); Avda. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo (Mnes); 03751 – 480057/512

**Resumen**

Dada la relevancia de los temas ambientales en los últimos años, se presenta en este trabajo la experiencia acumulada durante cinco años respecto de un Programa de Educación Ambiental desarrollado en dos campos pertenecientes a INTA y dependientes de la EEA Montecarlo de INTA, ubicados al Norte de la provincia de Misiones. El mismo consiste en el desarrollo de Jornadas de cuatro horas de duración, dirigidas a jóvenes, donde los temas tratados son los relacionados con cuestiones ambientales que dan un enfoque del sistema en las cuales se intercalan actividades grupales en sala y campo y la recorrida de senderos de interpretación. A la fecha se llevaron a cabo 49 Jornadas, de las cuales participaron alumnos del 4º y 5º año del nivel secundario y docentes de escuelas del área de influencia de los campos involucrados. Los alumnos destacaron la integración entre teoría y práctica y la interrelación de los temas trabajados, mientras que los docentes resaltaron el potencial multiplicador de los alumnos y sus posibilidades de generar procesos de cambio.

**Palabras clave:** Recursos Naturales, educación, ambiente

**Summary**

Given the importance of environmental issues in recent years, this paper presents the experience gained over five years for an Environmental Education Program developed in two fields belonging to INTA and dependents of EEA Montecarlo from INTA, located at north of the province of Misiones. It consists in the development of Journeys from four hours of duration, aimed at young people, where the topics treated to environmental issues which give a system approach and are interspersed group activities in room and field and traveled trails interpretation. At dayare conducted 49 Journeys, which involved students from the 4th and 5th years of secondary education and teachers from schools in the area of influence of the fields involved. Students emphasized the integration of theory and practice and the interrelation of the issues worked, while teachers highlighted the multiplier potential of students and their ability to generated processes of change.

**Key Words:** Natural resources, education, environment

## Introducción

La provincia de Misiones presenta gran diversidad paisajística y cultural y dadas sus características fisiográficas y productivas, sumadas a la intensidad de las lluvias hacen que el ambiente se torne frágil cuando es intervenido sin los cuidados necesarios.

Los temas ambientales adquirieron relevancia en los últimos años. La sociedad se halla más sensibilizada por problemáticas relacionadas con los recursos naturales tanto a nivel regional y local -disponibilidad de agua en cantidad y calidad, degradación de los suelos, la pérdida de especies animales y vegetales, degradación de ecosistemas, entre otros-, como a procesos globales de nivel planetario, por ejemplo el calentamiento global. Se trata de procesos que directa o indirectamente afectan a todos. Por una cuestión cultural, nos hemos acostumbrado a convivir con la degradación ambiental, la tomamos como el precio del progreso, y ante sus efectos nuestras reacciones son de tipo nostálgico, y esa falta de conciencia a eliminado cualquier actitud crítica (Godoy y Sosa, 2008). En este sentido, observamos que la sociedad no siempre dispone de la información apropiada para comprender adecuadamente las cuestiones relacionadas con la intervención del hombre y sus potenciales consecuencias sobre el ambiente, del mismo modo consideramos que la conciencia y la preocupación por sí mismas, si no nos llevan a actitudes y acciones concretas, no generan ningún beneficio.

Es necesario entonces que se traduzcan en estrategias de acción, que abarquen a las familias y a las comunidades, que generen cambios concretos y palpables en el uso de los recursos.

Se considera que la educación ambiental cumple un rol fundamental, al brindar elementos que posibiliten un entendimiento más claro acerca de la constitución y funcionamiento de los ecosistemas; condición necesaria para luego implementar criterios de manejo y medidas específicas que contribuyan a prevenir o minimizar los impactos negativos sobre el ambiente.

En este sentido vale mencionar entre otros antecedentes las experiencias desarrolladas en Brasil por el EMBRAPA (Gluck et al, 2007) y la Universidad Federal de Paraná (Beffart, et al, 2011) donde a través de recorridas a senderos de interpretación, se procura promover la conciencia, el espíritu investigador y crítico, y la visión integral del ecosistema. De acuerdo con Bachmann, 2008, se considera conveniente definir los objetivos de la educación ambiental teniendo en cuenta la diversidad de situaciones, problemas, posibilidades y propósitos de cada región, país, sociedad, cultura, grupo social o comunidad escolar. Los mismos deben resultar adecuados a su realidad económica, social, cultural y ecológica, y fomentar una actitud crítica respecto del estilo de desarrollo vigente y de las prácticas y modos de pensar los aspectos de apropiación y uso de los recursos naturales o de los servicios y funciones ambientales.

En este trabajo se da cuenta de la experiencia acumulada durante cinco años sobre un Programa de Educación Ambiental llevado adelante por técnicos de INTA a través de un convenio INTA – INTEA SA cuyo propósito es contribuir con la difusión y capacitación en cuestiones ambientales entre estudiantes del nivel secundario, contextualizado en la realidad local del norte misionero, con el objetivo de generar cambios actitudinales que tiendan a mejorar la relación entre la comunidad y sus recursos naturales.

## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de trabajo**

El Programa de Educación Ambiental surge de un convenio INTA – INTEA SA destinado a jóvenes del área de influencia de la EEA Montecarlo de INTA. Las actividades se llevan a cabo en el Campo Anexo Manuel Belgrano y en el Campo Anexo Laharrague, ubicados, el primero en el Departamento Manuel Belgrano y el segundo en el Departamento Montecarlo, al Norte de la Provincia de Misiones. El primero, de 2147 ha, se enmarca en la zona de distribución natural de la *Araucaria angustifolia*, y su entorno productivo responde a pequeños lotes de agricultura de subsistencia y plantaciones de tabaco entre otros, con la mayoría de población rural, en tanto que el segundo, de 30 ha presenta un entorno agrícola – forestal con gran parte de su población urbana.

El programa, dirigido a jóvenes estudiantes del nivel medio, apunta a que éstos y sus familias puedan visualizar a los recursos naturales como componentes de un sistema con el cual están fuertemente relacionados, y comprender que las acciones que cada uno desarrolle en su entorno puede impactar en el sistema en su conjunto.

Los esfuerzos se dirigen a promover la comprensión de aspectos considerados clave para el funcionamiento del ecosistema regional –la Selva Paranaense, localmente conocida también como selva misionera-, fomentando la integración de los objetivos de producción con los de conservación, y procurando matizar cada concepto con la idea de equilibrio. Para ello se parte de la premisa de que ambos procesos, producción y conservación, están íntimamente relacionados, y que el desafío consiste en armonizarlos tanto como sea posible en un marco de un buen manejo del suelo y su relación con el paisaje y el entorno.

En el campo Anexo Manuel Belgrano, se hace especial énfasis en la conservación de la *Araucaria angustifolia*, especie que actualmente se encuentra protegida por ley debido al riesgo de extinción. De hecho, el Campo Manuel Belgrano, es uno de los pocos lugares que contienen relictos de la especie en su condición natural, en Argentina. Cuenta también con más de 400 has de plantaciones de semilla local de esta especie, con cerca de 60 años de edad; rodales a los cuales se aplica un Plan de Manejo especial orientado a la conservación de la araucaria, en tanto que en el Campo Anexo Laharrague se hace hincapié en que los jóvenes logren relacionar los conocimientos teóricos con los sistemas productivos de la zona (agricultura anual – forestación) y la mejor forma de realizarlos considerando la estrecha relación suelo – paisaje y el cuidado del ambiente.

### **Metodología de trabajo**

El programa prevé el desarrollo de jornadas de 4 horas de duración que se desarrollan en los campos mencionados, con grupos de 20 alumnos en promedio y sus profesores. Durante la jornada se realizan diferentes actividades, entre ellas, breves presentaciones teóricas referidas a ciclo del agua, de la materia, de los nutrientes, biodiversidad entre otros; trabajos prácticos de campo, recorridos en sendero de interpretación (imagen 1) (con paradas donde se hace énfasis en temas como los estadios de la selva, el suelo y el ambiente productivo y sus cuidados) y trabajos grupales (imagen 2) resolviendo cuestionarios afines a la temática y puestas en común de sus respuestas y opiniones. El cuestionario consiste básicamente en responder sobre lo planteado en las presentaciones teóricas y relacionarlo con lo que se ve y plantea en el recorrido.

Al finalizar la jornada se pide a cada alumno su opinión escrita sobre la misma.





**Imagen 1: Recorrida sendero**

**Imagen 2: Momento de trabajo en grupo**

**Image 1: Trail path**

**Image 2: Moment off group work**

### **Resultados y discusión**

Hasta el momento, luego de cinco años de implementado el programase llevan realizadas 49 jornadas con alumnos de 4<sup>to</sup> y 5<sup>to</sup> año de escuelas secundarias y profesorado de la zona de influencia de ambos campos, habiéndose capacitado a aproximadamente 1200 personas.

En general los alumnos contestan satisfactoriamente las consignas de trabajo grupal y logran relacionar correctamente la teoría con lo que observan en los senderos de interpretación, y en la mayoría de los casos demuestran también interés en otras actividades que se realizan la institución.

En el análisis de la opinión de los alumnos respecto de la evaluación de cada Jornada, se destacan los siguientes aspectos:

- Los conocimientos adquiridos.
- El poder relacionar y recordar conocimientos anteriores con situaciones concretas y cotidianas.
- Conocer mejor la institución (INTA).
- Valorar a la *Araucaria angustifolia* como especie en peligro de extinción.
- Cuidado de la naturaleza, ambiente, árboles nativos.
- Mayor conocimiento sobre nuestro suelo y su manejo
- La utilidad de lo aprendido para el futuro

Por su lado, los docentes han destacado el potencial de los estudiantes como multiplicadores, y recalcaron las expectativas que se tiene en ellos como generadores de cambios; además de la necesidad de relacionamiento de los estudiantes con la realidad productiva y ambiental de la zona.

### **Conclusión**

La implementación del Programa de Educación Ambiental se logró positivamente en ambos campos.

Trabajar con jóvenes estudiantes nos permite potenciar su rol de multiplicadores sobre la temática ambiental.

Es necesario seguir trabajando sobre actividades prácticas que los estudiantes puedan realizar durante la recorrida del sendero.

Al ser éste un taller de pocas horas y no tener contacto nuevamente con los alumnos no logramos saber certeramente si se logra un cambio de actitud de ellos para con el ambiente

### **Agradecimientos**

A INTEA S A por la financiación parcial de las Jornadas.

### **Bibliografía**

- Bachmann, L. 2008. La educación ambiental en Argentina, hoy. Documento marco sobre Educación Ambiental. Dirección Nacional de Gestión Curricular y Formación Docente Áreas Curriculares. Último acceso 09 de diciembre de 2013 en [http://www.me.gov.ar/curriform/publica/marco\\_ed\\_ambiental.pdf](http://www.me.gov.ar/curriform/publica/marco_ed_ambiental.pdf)
- BeffartAiolfi R; Hasse B; Bernadon A; Godoy WI. 2011. Trilha ecológica como um recurso pedagógico à educação ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná. Brasil.
- GluckRachwal MF; Carvalho PE; De Oliveira Withers LH. 2007. Educação Ambiental na Trilha Ecológica da Embrapa Florestas. Documento 147. Embrapa Florestas. Paraná, Brasil.
- Godoy JC; Sosa G. 2008. Las leyes ambientales de Misiones. Nuestro derecho a un ambiente sano. Una publicación que acompaña el desarrollo del Seminario de Derecho Ambiental y Participación Comunitaria Misiones, Argentina – 2008. Ultimo acceso 04 de diciembre de 2014 en [http://awsassets.wfar.panda.org/downloads/las\\_leyes\\_ambientales\\_de\\_misiones.pdf](http://awsassets.wfar.panda.org/downloads/las_leyes_ambientales_de_misiones.pdf)

## CARACTERISTICAS DE LA PRECIPITACION DURANTE 1981-2012

## RAINFALL CHARACTERIZATION DURING THE YEARS 1981-2012

Silva, Fidelina<sup>1</sup>; Eibl, B.<sup>1</sup>; Bobadilla, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Docentes de Facultad de ciencias Forestales, UNaM.Bertoni 124 (3380) Eldorado, Misiones. Contacto: fidelina16@gmail.com, beibl@facfor.unam.edu.ar, elisa@facfor.unam.edu.ar

### Resumen

En el presente trabajo se presenta un análisis de los registros de precipitación en el periodo 1981-2012 en la localidad de Eldorado, Misiones. Se brindan los valores climáticos de precipitación y número de días con precipitación. A través de las técnicas estadísticas de análisis de variancia se compararon los valores para cada estación. Se obtuvo como valor de precipitación media anual de 2001 milímetros. La precipitación media acumulada durante el invierno difiere significativamente del otoño y la primavera y no así del valor medio para el verano. Se incluyen además los resultados parciales del estudio de probabilidad de eventos de sequías a través del Índice de Precipitación Estandarizado.

**Palabras clave:** estadística climática, precipitación, Índice de Precipitación Estandarizado.

### Summary

An analysis of rainfall of 1981-2012 records period from Eldorado, Misiones, is presented in this work. Climatic values of precipitation and number of days with precipitation are provided. Through statistical techniques of analysis of variance values for each station were compared. The average annual rainfall value calculated was 2001 mm, differing from the average climate value historically cited for the region. The comparison among the season rainfall showed that mean rainfall in winter differs significantly from the autumn and spring value, and also did not differ from the summer mean precipitation. Partial results of drought probability events through the Standardized Precipitation Index are also included.

**Keywords:** climate statistical, rainfall, Standardized Precipitation Index.

### Introducción

Las precipitaciones en la provincia de Misiones se deben a la influencia del anticiclón del Atlántico sur el cual emite viento húmedos que generan lluvias de tipo orográfica; llegando su influencia a toda la zona noreste del país (Barros, 2008). El encuentro de las masas de aire cálidas del norte y nordeste con las masas de aire frío provenientes del sur y sudeste de la Argentina también tiene una marcada influencia en la generación de precipitaciones de tipo frontal a lo largo del año (Barros, 2008). Las isolíneas de precipitación en Misiones abarcan un rango entre 1700 a 2000 mm, decreciendo de Este a Oeste. En el sector Noroeste de la provincia (margen del Río Paraná), se citan 1800 mm como valor climático.

Estos valores climáticos fueron generados a partir de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, las que se encuentran en 3 puntos: Posadas, Iguazú, y Bernardo de Irigoyen (Estadísticas Climáticas Decádicas del SMN). Cuando se utilizan los registros de estaciones locales (excluidas las citadas) se encuentran diferencias que dependen principalmente del periodo de años considerados para la obtención de los valores climáticos. Por otro lado, siendo la precipitación un fenómeno localizado que depende de la geografía de la región se torna muy importante contar con registros de estaciones con la menor distancia posible del sitio que se desea describir (Castillo y Castelví Sentis, 2001). Los registros meteorológicos del proyecto Base de Datos Meteorológicos Regional se consideran con la longitud y homogeneidad adecuada para poder brindar valores climáticos apropiados para la zona de Eldorado.

Haciendo uso de esta serie meteorológica de más de 30 años, se tuvo oportunidad de evaluar los eventos de sequía ocurridos principalmente en las décadas 2000 y 2010, incorporando el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE).

Una definición general del término sequía podría ser la escasez de agua dulce durante un período largo en una región (Garrido del Pozo *et al.*, 2006). Debido a la variabilidad de la definición de sequía esta se ha definido en sequía climática, sequía agrícola, sequía económica-social, contemplando de esta manera los niveles de impacto que producen las sequías (Garrido del Pozo *et al.*, 2006). Aunque la necesidad de cuantificar la intensidad de una sequía ha llevado a estas crear esas definiciones, cuando esta afecta la disponibilidad de agua para el consumo y la producción se torna más trascendente encontrar indicadores para prevenir, planificar y reducir los graves efectos de las mismas. Distintos índices se han utilizado desde muy simples hasta muy complejos como el Índice de Sequía de Palmer. Entre los muy simples se encuentran la clasificación en clases de sequía según los valores de precipitación obtenidos a través del ajuste a distribuciones de probabilidad de largas series climáticas (método de los cuantiles). Sin embargo, estos índices poseen la desventajas de que son sólo útiles para comparar zonas de características climáticas similares (WMO, 2012). Considerando esa dificultad McKee y colaboradores presentaron en el año 1993 el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés) (McKee *et al.*, 1993, 1995). Según la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2012) entre las principales ventajas del método figuran el hecho de su flexibilidad lo que permite el cálculo para múltiples escalas de tiempo, permite la comparación entre lugares de diferentes climas, y su base estadística lo convierte en una herramienta adecuada para la toma de decisiones. La misma documentación destaca como desventajas el hecho de requerir tanto solo precipitación como variable no permitiendo realizar una evaluación de la condición del suelo durante el mismo período.

En base a la información disponible de precipitaciones registradas durante 32 años en la localidad de Eldorado, Misiones, este artículo tiene como objetivo principal difundir la información recopilada por la Cátedra de Agrometeorología dentro del Proyecto Base de Datos Meteorológicos Regional. Como objetivos particulares: a) analizar las características más destacadas de la precipitación en escala mensual, estacional y anual; b) evaluar el Índice de Precipitación Estandarizado como una herramienta para estimar los riesgos de sequía en la región.

## Material y métodos

Los datos utilizados corresponden a las observaciones realizadas en 2 sitios de la ciudad de Eldorado, provincia de Misiones en el marco del proyecto Bases de Datos Meteorológicos Regional (Eibl et al., 2013). Los registros del período 1981 hasta 1998 provienen de la estación meteorológica ubicada en el aeródromo Eldorado (26° 23' 34.6 S, 54° 34' 34.2 O); mientras que los registros del período 2001-2012 corresponden a la estación meteorológica auxiliar ubicada a la altura del kilómetro 8 de la ciudad (26° 25' 5.2 S, 54° 37' 14.3 O). El período de datos faltantes 1999-2000 se completó con los registros de la localidad de Montecarlo, brindados por el área de Agrometeorología de la EEA del INTA Cerro Azul. El proceso de llenado de la serie de Eldorado se realizó siguiendo el método de correlación, descrito en Silva et al., 2008.

La localidad pertenece al clima tipo Cfa según la clasificación de Köppen, y B4r B'4 Thornthwaite (Silva et al., 2008). La zona de influencia de los registros meteorológicos se encuentra en el sector noroeste de la provincia de Misiones. El relieve es acolinado, paisaje denominado pediplano paranaense con una altura media sobre el nivel del mar desde los 100 m en el sector oeste hasta 120 msnm en su sector este, con erosión hídrica potencial moderada-alta. El tipo de suelo predominante corresponde al orden Ultisols, suborden Kandiuultes (Ligier et al., 1990).

### Índice de Precipitación Estandarizado (IPE)

Los valores de IPE se calculan para cada mes en la serie de (como mínimo) 30 años. Las series IPE para cada mes son los valores acumulados desde un determinado número de meses anteriores al mes particular. Este período puede ser de 3, 3, 4, 6, 12 o 24 meses. Estas series mensuales son ajustadas a una distribución Gamma, de la cual se toman los parámetros alfa y beta que servirán para obtener los valores estandarizados de la serie de interés. Una explicación detallada del método puede encontrarse en las publicaciones de los autores McKee et al. (1993 y 1995); en español pueden consultarse los trabajos de Garrido del Pozo et al. (2006) y Merget et al. (2011). El IPE se obtiene a partir de la fórmula de la distribución normal estandarizada:  $z = (x - \mu) / \sigma$ , donde  $x$  es la precipitación acumulada en el período seleccionado,  $\mu$  y  $\sigma$  son la media aritmética y desvío estándar de la serie de datos histórica. Las categorías la intensidad de una época seca o húmeda pueden definirse arbitrariamente como se muestra en la siguiente **tabla n° 1** (McKee et al., 1993; Garrido del Pozo et al., 2006; Merget et al., 2011).

**Tabla n° 1. Intensidad de los períodos secos y húmedos basados en el IPE.**  
**Tablen° 1. Dry and wet period intensities based on the IPE values.**

IPE	Periodo	Frecuencia teórica
$\leq a -2$	Extremadamente seco	1 en 50 años
-1.99 a -1.5	Severamente seco	1 en 20 años
-1.49 a -1.0	Moderadamente seco	1 en 10 años
-0.99 a 0.99	Normal	1 en 3 años
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo	1 en 10 años
1.5 a 1.99	Muy húmedo	1 en 20 años
$2.00 \leq \text{IPE}$	Extremadamente húmedo	1 en 50 años

Fuente: McKee, 1993, Garrido del Pozo et al., 2006, Merget et al., 2011.

### Procesamiento estadístico

En el cálculo de los promedios mensuales se incluyeron los valores extremos producidos en el período. Se consideraron días con lluvias, a las precipitaciones mayores o iguales a 0.5 mm.

Las estaciones del año comprenden: desde Diciembre a Febrero, verano; desde Marzo a Mayo, otoño; desde Junio a Agosto, invierno; desde Septiembre a Noviembre, primavera (Durreet al., 2011).

Para el cálculo de los valores de IPE se utilizó el software libre SPI-SL versión 6 (McKee et al., 1993; UNL, 2013). El programa requiere como dato de ingreso la serie de precipitación mensual de al menos 30 años, y la definición de los meses a acumular (dicha versión solo permite 6 opciones al mismo tiempo). El programa ejecuta todo el procesamiento estadístico necesario brindando una salida similar a la presentada en la **tabla n° 2**. Los valores negativos y positivos corresponden a la distribución normal estandarizada (media aritmética = 0, desvío estándar = 1), indicando los mismos períodos de déficit y excesos de precipitación, respectivamente.

**Tabla n° 2. Vista parcial de la salida del software SPI-SL para obtener los valores de IPE.**  
**Table n° 2. IPE value outputs from the SPI-SL software (partial view).**

AÑO	Mes	Cantidad de meses considerados					
		1	3	4	6	12	24
1981	Ene	-0.70	0.24	-0.24	-0.42	-1.18	-0.70
1981	Feb	0.62	0.54	0.42	-0.21	-1.05	0.62
...	...	...	...	...	...	...	...
2012	Nov	-1.51	-1.31	-1.51	-0.79	-1.9	-0.62
2012	Dic	1.09	-0.07	-0.5	-0.35	-1.3	-0.49

Para este estudio se utilizaron las series de valores acumulados 3, 4 y 6 meses anteriores al mes en cuestión. Se analizó la bondad de ajuste a la distribución gamma para todas las acumuladas series obtenidas, antes del cálculo de IPE.

Aquellos procesamientos estadísticos no incluidos en el software SPI se realizaron con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2013).

## Resultados y Discusión

### Precipitación anual

Los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (valor  $p = 0.6216$  para el estadístico de prueba) mostraron que la serie de precipitaciones anuales para el período de años analizados (32 años) posee distribución normal. El valor de precipitación media anual = 2001.1 mm calculado, puede ser considerado como valor climático para la región de Eldorado (OMM). Este valor es superior a los generalmente citados en descripciones climáticas para esta región. Burgos (1970), IPEC (2012) citan un valor de 1800 mm para la región en la que se encuentra Eldorado. La **tabla n° 1** presenta los estadísticos descriptivos para las series de precipitación y número de días con precipitación.

La serie de Eldorado presenta un valor extraordinariamente alto para el año 1983, de 3005 mm (Tabla n° 4), superior al valor registrado en Montecarlo (localidad situada a 25 km al Norte de Eldorado) de 2714 mm, siendo los meses de mayo y julio en ambas localidades con valores extremos superiores a los 400 mm. En este año se produjeron inundaciones en toda la provincia de Misiones, generadas por influencia del intenso fenómeno Niño ocurrido entre 1982 y 1983 (Barros y Camilloni, 2004).

El menor valor de precipitación anual se produjo en el año 2005, coincidiendo con un período de escasas lluvias que abarcó los meses de noviembre de 2004 hasta marzo de 2005, afectando de diferentes maneras las actividades productivas de la provincia (Misiones Online, abril de 2005).

**Tabla n° 3. Estadísticas de las series anuales de precipitación (Pa, en mm) y días con precipitación anuales (nP, en número de días) para el 1981-2012, Eldorado, Misiones.**

Variable	n	Media	DE	Mediana	Asimetría	Kurtosis	Percentil					
							5	10	25	75	90	95
Pa	32	2001.1	454.25	1971.3	0.22	-0.89	1353	1401	1604.7	2301.7	2570.1	2726.1
nP	32	95.81	14.65	95.5	0.54	-0.05	76	77	85	103	116	127

**Tabla n° 4. Precipitaciones anuales (Pa, mm) y número de días con precipitaciones (nP), en el período 1981-2012, Eldorado, Misiones. Fuente: Base de Datos Meteorológicos Regional, ISIF, FCF.**

**Table n° 4. Rainfall volume (mm) and days with rainfall annual values for the period 1981-2012, from Eldorado, Misiones. Data source: Regional Meteorological Database, ISIF, FCF-UNaM.**

Año	Pa (mm)	nP	Año	Pa (mm)	nP	Año	Pa (mm)	nP
1981	1542.5	69	1992	2179.8	96	2003	1528.2	100
1982	2570.1	91	1993	1635.7	84	2004	1377.5	95
1983	3005.3	103	1994	2267.1	99	2005	1325.3	85
1984	1952.1	90	1995	1604.7	76	2006	1773.3	104
1985	1620.5	76	1996	2677.2	96	2007	2373.6	128
1986	1990.5	90	1997	2440.6	90	2008	1607.3	96
1987	1881.5	78	1998	2108.4	91	2009	2274.4	116
1988	1401.0	77	1999	1353.0	102	2010	1927.3	87
1989	2157.2	103	2000	2301.7	125	2011	2245.7	109
1990	2726.1	108	2001	2445.8	100	2012	1446.2	85
1991	1909.7	85	2002	2385.7	127			

### Precipitación mensual

De acuerdo a las pruebas de normalidad realizadas (pruebas de Shapiro-Wilks no incluidas en esta publicación) las series mensuales de precipitación no se ajustan a la distribución normal. Esta característica es muy común cuando se estudian valores mensuales, por lo cual la mediana es considerada como un mejor descriptor de las mismas. En la tabla n° 5 puede observarse que la distribución de la precipitación a lo largo del año presenta sus mayores valores medios en los meses de abril y octubre, lo que es una característica común para la provincia de Misiones. Los valores extremos superiores a 300 mm fueron registrados para todos los meses del año. El valor mínimo registrado fue de 0.1 mm para el mes de marzo. Se destacan los valores mínimos de febrero, marzo y abril para el mismo año 2005. En el año 1988 también se registraron en tres meses consecutivos de invierno los valores de precipitación más bajos.

**Tabla n° 5. Precipitaciones medias normales y valores extremos mensuales en el período 1981-2012, Eldorado, Misiones. Fuente: Base de Datos Meteorológicos Regional, ISIF, FCF.**  
**Table n° 5. Mean precipitation and extreme monthly values for the period 1981-2012, from Eldorado, Misiones. Data source:Regional Meteorological Database, ISIF, FCF-UNaM.**

Precipitación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio (mm)	170.4	174.5	146.2	206.8	177.7	163.3	115.8	114.8	155.6	221.1	193.4	161.5
Mediana (mm)	160.6	157.9	125.1	224.9	167.0	158.2	86.5	98.0	150.5	196.3	157.3	133.8
Máximo (mm)	382.0	400.5	335.3	600.0	508.7	340.5	559.7	338.3	427.5	496.6	623.9	424.0
	(2002)	(1994)	(1998)	(1990)	(1983)	(1982)	(1983)	(1989)	(1990)	(1996)	(1982)	(1996)
Mínimo (mm)	4.8	3.0	0.1	30.7	10.0	11.0	2.0	14.0	16.5	71.5	39.0	29.7
	(1992)	(2005)	(2005)	(2005)	(1981)	(2003)	(1988)	(1988)	(1988)	(2002)	(1985)	(2008)

### Precipitación estacional

*La diferencia de precipitación acumulada durante las estaciones del año se evaluaron a través de ANOVA para un diseño unifactorial, con la estación como factor y los años como las repeticiones. Los resultados se presentan en la **tabla n° 6**. Se encontraron diferencias significativas al nivel del 5% entre la precipitación media del invierno y las respectivas medias de otoño y primavera. Siendo la precipitación media de la época invernal el menor valor. Estos resultados son equivalentes a los observados en la serie de precipitación acumulada estacional (**Tabla n° 7**). Se presentan aquí al sólo efecto de mostrar la magnitud de los milímetros acumulados en las mismas y su relación con el valor medio anual.*

*Tanto la serie de precipitación mensual, como la de acumulación estacional presentaron un buen ajuste a la distribución normal ( $p= 0.66$ , para un nivel de significancia de 5%).*

**Tabla n° 6. Estadísticos para la serie de precipitación estacional (mm) en el período 1981-2012, Eldorado, Misiones. Las letras minúsculas indican los resultados de la prueba de Tukey; letras indican diferencias entre las medias a nivel de confianza del 5%.**

**Table n° 6. Statistics for seasonal rainfall (mm) for 1981-2012 period of record, from Eldorado, Misiones. The lower cases show the Tukey test result; different letters indicate significant differences between the mean at 5% level of significance.**

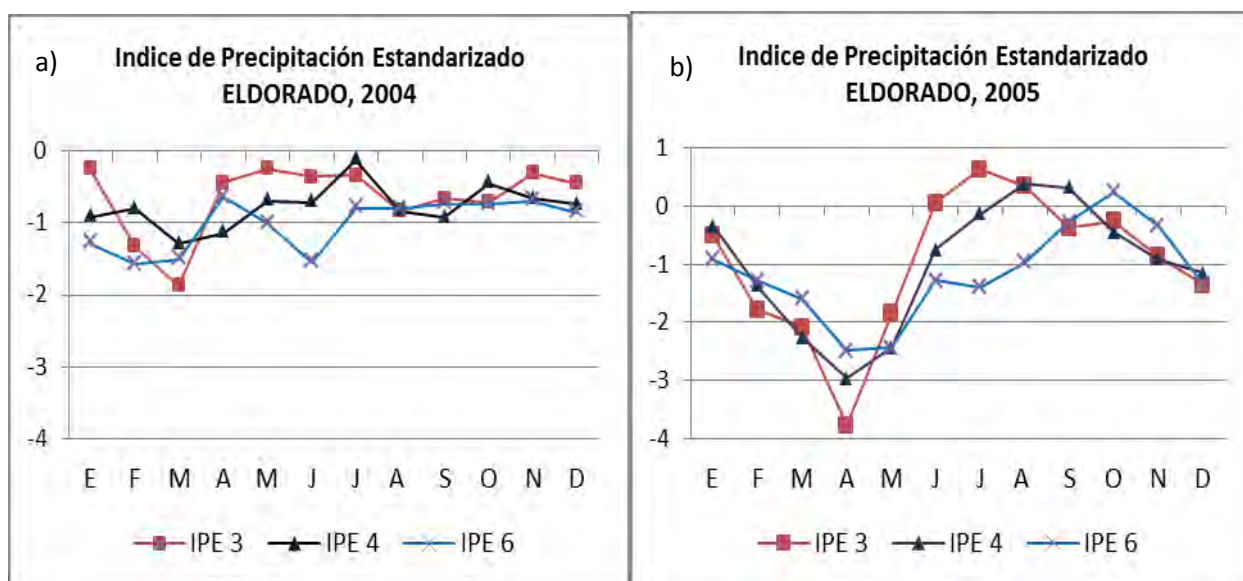
Estación	n	Media	DE	Mín	Máx	Mediana
Invierno	32	131.3 a	61.6	35.2	286.1	114.4
Verano	31	168.5 ab	55.7	60.1	322.2	170.5
Otoño	32	176.2 b	69.0	78.0	359.0	157.5
Primavera	32	186.3b	63.6	72.4	314.3	179.3

**Tabla n°7. Estadísticos para la serie de precipitación acumulada estacional (mm) en el período 1981-2012, Eldorado, Misiones. Las letras minúsculas indican los resultados de la prueba de Tukey; letras diferentes indican diferencias entre las medias a nivel de significancia del 5%.**

**Table n° 7. Statistics for cumulated seasonal rainfall (mm) for 1981-2012 period of record, from Eldorado, Misiones. The lower cases show the Tukey test result; different letters indicate significant differences between the mean at 5% level of significance.**

Estación	n	Media	DE	Mín	Máx	Mediana
Invierno	32	393.8 a	184.9	105.5	858.3	343.1
Verano	31	505.6 ab	167.0	180.2	966.5	511.5
Otoño	32	528.7 b	206.7	232.9	1077.1	472.6
Primavera	32	558.9b	190.8	217.1	943	537.9





### Índice de Precipitación Estandarizada

Se calcularon los valores de IPE para los períodos de 3, 4 y 6 meses anteriores a cada mes. Los gráficos a y b del **gráfico n° 1** representan los valores para los años 2004 y 2005 (IPE3, IPE4, e IPE6 expresan la cantidad de meses considerados para la acumulación de la precipitación). Se tomaron estos años para mostrar la evolución del IPE desde noviembre de 2004 hasta abril 2005, período de marcado déficit de precipitación en la región (Silva et al., 2008). Los valores de IPE muestran como el fenómeno de déficit comienza a ser evidente desde noviembre donde los valores de IPE comienzan a declinar continuamente hasta abril de 2005, mes en el cual cambia la curvatura, reflejando un cambio en las condiciones de precipitación.

**Gráfico n° 1.** Valores de Índice de Precipitación Estandarizado mensual calculados para 3, 4 y 6 meses previos a cada mes particular (IPE3, IPE4, e IPE6, respectivamente) y a partir de registros del periodo 1981-2012 de la localidad de Eldorado, Misiones.

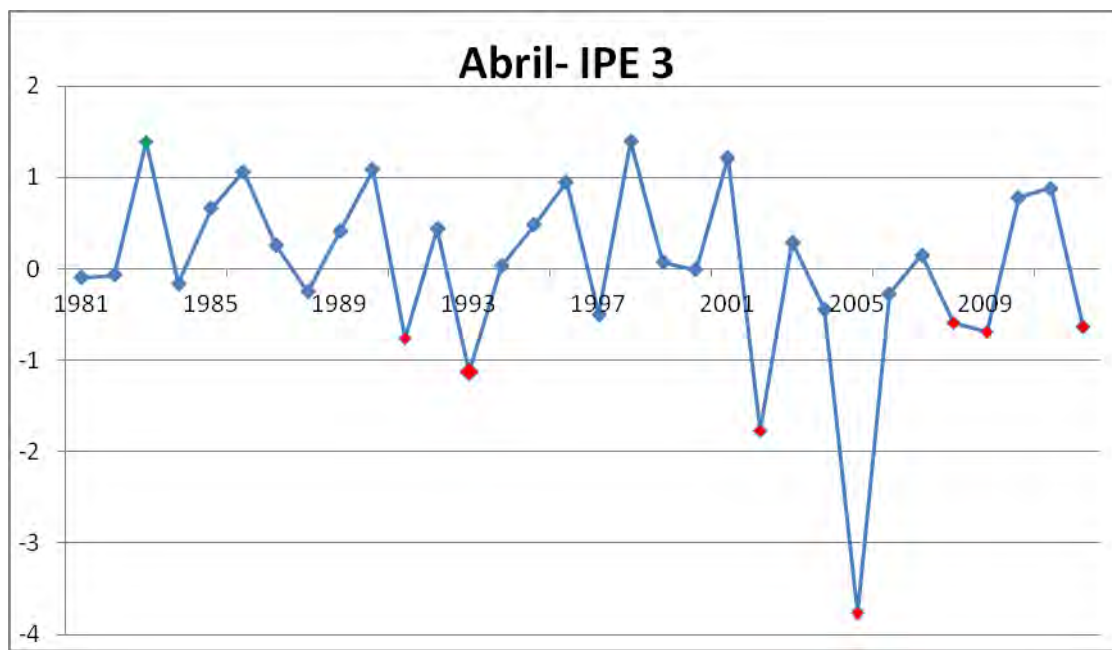
**Figure n° 1.** Monthly standardized Precipitation Index values calculated for 3, 4 y 6 previous months (IPE3, IPE4, and IPE6, respectively) from 1981-2012 records in Eldorado, Misiones.

El IPE de 3 meses es en general el más apropiado para caracterizar las sequías agrícolas (Merget et al., 2011; Garrido et al., 2006). Analizando la evolución desde noviembre hasta abril (**Gráfico 1**) y asociándolos con la intensidad de la sequía según la clasificación presentada en la **tabla n° 1**, se observa que en los meses de noviembre, diciembre y enero, el periodo se considera Normal. Sin embargo para febrero esta situación se intensificó pasando a la categoría de Moderadamente seco, llegando a abril a la categoría de Extremadamente seco. La probabilidad de ocurrencia de estos dos últimos eventos es de 1 cada 20 años, y 1 cada 50 años respectivamente.

El **gráfico n° 2** presentalos valores de IPE de tres meses para el mes de abril en el periodo 1981-2012. Los eventos más intensos se encuentran destacados en el **gráfico n° 2** (puntos rojos). El impacto en el sector socio-económico y la magnitud de estas sequías han sido registrados por los medios informativos locales y también nacionales (Misiones Online, 2005; La Nación, 2009).

Los valores positivos de IPE para el mes de abril se relacionan con los eventos húmedos destacados durante el periodo de estudio. En el **gráfico n° 2** se destaca el año 1983, año en que la región sufrió inundaciones debido a la influencia del evento Niño definido como el más intenso de los últimos años (Barros y Camilloni, 2004).

Los valores de IPE (negativos y positivos) y su relación con la ocurrencia de períodos secos y húmedos en la región de Misiones indican que es una herramienta útil que debería incluirse dentro de los informes meteorológicos locales.



**Gráfico n° 2.** Valores de IPE de tres meses (IPE\_3) para el mes de abril en el periodo 1981-2012, localidad de Eldorado, Misiones. Los puntos coloreados en rojo destacan los eventos de sequía más intensas. **Figure n° 2.** Threemonths IPE values (IPE\_3) for April in the period 1981 to 2012, registered in Eldorado, Misiones. Red points highlight intense drought events.

## Conclusiones

El valor 2001 mm obtenido para precipitación medio anual puede ser considerado como un valor climático para la región de Eldorado ya que se basa en registros de más de 30 años. Este valor es superior a los citados normales en las descripciones climáticas para esta región.

El menor valor de precipitación anual se produjo en el año 2005, coincidiendo con un período de escasas lluvias que abarcó los meses de noviembre de 2004 hasta marzo de 2005.

Respecto a los valores mensuales, se observó que los valores extremos superiores a 300 mm ocurrieron en todos los meses del año.

La precipitación media del invierno es menor al promedio del resto de las estaciones, siendo significativamente diferentes a las medias de lluvias de la primavera y del otoño, no así del verano. Los valores del Índice de Precipitación Estandarizado para el mes de abril y su asociación tanto con los eventos de sequía y de humedad ocurridos, permiten concluir que dicho índice es una interesante herramienta para la toma de decisiones que debería ser incluida en los reportes meteorológicos locales. Sin embargo se observa que es necesario ajustar las categorías de intensidad y frecuencia de las sequías para esta región a partir de un análisis más exhaustivo.

## Agradecimientos

A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal que han formado parte del equipo como becarios auxiliares. Al señor Brizuela quien ha contribuido de manera importante a la continuidad de los registros meteorológicos.

## Bibliografía

- Barros, V. R. 2008. Capítulo 3. El cambio climático en la Argentina. Agro y Ambiente: una agenda compartida para el desarrollo sustentable. Ed. Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina. Buenos Aires, p. 32. Version.pdf disponible en <http://www.foroagroindustrial.org.ar>.
- Barros, V. y Camilloni, I. 2004. La temperatura del atlántico sur y la diferencia de caudales del río Paraná durante los eventos el niño 1982-83 y 1997-98. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.1, 35-47, 2004.
- Burgos, J. 1970. *El clima de la región Noreste de la República Argentina en relación con la vegetación natural y el suelo – Bol. Soc. Arg. de Botánica (Bs. As. ), 11, suplemento, 1970.*
- Castillo, E. y CastelviSentis, F. (Coord.), 2001. *Agrometeorología. 2a ed. Madrid: MundiPrensa. 517 p.*
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. *InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>*
- Durrel., Squires, M., Vose, R., Arguez, A., Applequist, S. and Xungan g Yin . 2011. *Computational Procedures for the 1981-2010 Normals: Precipitation, Snowfall, and Snow Depth Preliminary Documentation July 1. National Climatic Data Center (NCDC), USA.*
- GalvanOrtiz, L.M., 2011. *Impacto de la sequía meteorológica en la vegetación en distintas regiones climáticas de México (1982-2006). Tesis. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 65 p.*
- Eibl, B., Silva, F., Bobadilla, E., 2013. *Proyecto Bases de Datos Meteorológicos Regional, Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNaM.*
- Garrido del Pozo, N., García, M., De Galisteo, J., Alonso, J., Moya, G., 2006. *Las sequías climáticas en la Cuenca del Duero. Centro Meteorológico de Castilla y León MMAM. Congreso Homenaje al Duero y sus Ríos: Memoria, Cultura y Porvenir. 27 al 29/04/2006. Duero, España.*
- IPEC (Instituto Provincial de Estadística y Censos), 2012. *Gran Atlas de Misiones. Posadas. V.1. 420 p.*
- La Nación, 2009. Fenómeno atípico. La sequía en Misiones afecta la producción. Publicado el 14/04/2008.. [http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota\\_id=1004182](http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=1004182).
- Ligier, H. D., H. R. Matteio, H. L. Polo, and J. R. Rosso. 1990. *Atlas de suelos de la República Argentina. Tomo II. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD Argentina 85/019. Buenos Aires. 676 PP.*
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993: *The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186.*
- McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1995. *Drought monitoring with multiple time scales. Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Boston.*
- Merg, C., Petri, D., Bodoira, F., Nini, M., Fernández, M., Schmidt, F., & Selzer, F. 2011. *Mapas digitales regionales de lluvias, Índice Estandarizado de Precipitación e Índice Verde. Revista Pilquen • Sección Agronomía • Año XIII • N° 11, 2011.*
- Misiones Online, 2005. *La sequía provocó una sustancial caída en la producción de cítrico. Sección Agro. Publicación digital del 14/04/2005, [www.misionesonline.net/agro](http://www.misionesonline.net/agro).*
- Silva, F., Eibl, B., Bobadilla, E., 2008. Características climáticas de la localidad de Eldorado, Misiones, Argentina. En Actas: 13as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, Eldorado, 6-8 de junio de 2008.
- UNL (University of Nebraska, Lincoln). 2013. *Program to Calculate Standardized Precipitation Index, PI\_SL\_6. Colorado Climate Center, the Western Regional Climate Center, and the National Drought Mitigation Center. Disponible en <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/Downloadable-SPIProgram.aspx>*
- WMO (World Meteorological Organization), 2012: *Standardized Precipitation Index User Guide (M. Svoboda, M. Hayes and D. Wood). (WMO-No. 1090), Geneva.*

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS Y ECONÓMICAS DE *ACROCOMIA ACULEATA* (JACQ.) LODD. EX MART. PARA SU CULTIVO EN MISIONES**

**ASSESSMENT OF THE CHARACTERISTICS AND NON-TREATY EDAFOCLIMÁTICAS OF *ACROCOMIA ACULEATA* (Jacq.) Lodd. FORMER MART. FOR ITS CULTIVATION IN MISIONES**

**Suárez, Gélica Denise<sup>1</sup>; von Below, J.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>- Técnica Universitaria Guardaparque e Ingeniera Forestal-Becaria FCF Proyecto Investigación - [gesicadenise@gmail.com](mailto:gesicadenise@gmail.com)

<sup>2</sup>- Estudiante de Ingeniería Forestal-Becario FCF Proyecto Investigación - [jonathan.vonbelow@live.com.ar](mailto:jonathan.vonbelow@live.com.ar)

**Resumen**

*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., es una especie que presenta pocas exigencias ambientales; su principal plaga, no mortal, es *Brassolis sophorae*. Existen pocos antecedentes registrados sobre el manejo silvicultural de las plantaciones de esta especie y sus costos de producción; los avances fueron evaluados *in-situ* por los autores, incluidos en este trabajo y utilizados para generar las recomendaciones de las líneas temáticas prioritarias de investigación. Se determinó que las zonas más apropiadas para iniciar con el cultivo de la especie corresponden al centro-sur de la provincia, que presentaron un 80% de similitud edafoclimática y económica de los requerimientos que han sido comparados. Pudo observarse que la producción primaria de los frutos es una actividad rentable con una TIR cercana al 12,39%, cuando se trabajan superficies cercanas a las 250 hectáreas a un período de 30 años, que a su vez son las necesarias para abastecer una industria de procesamiento.

**Palabras clave:** Mbocayá, biocombustible, oleaginosas, cooperativismo, Palmácea.

**Summary**

*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. former Mart., is a species that presents few environmental requirements; its main pest, not fatal, is *Brassolis sophorae*. There are few precedents registered on the silvicultural management of plantations of this species and its production costs; the advances were evaluated *in-situ* by the authors, including in this work and used to generate the recommendations of the priority thematic lines of research. It was determined that the most appropriate areas to start with the cultivation of the species correspond to the center-south of the province, which showed a 80% similarity edafoclimatica and economic of the requirements that have been compared. It could be shown that the primary production of the fruit is a profitable activity with a TIR close to 12,39% for a period of 30 years, when work areas close to the 250 hectares, which in turn are required to supply a processing industry.

**Key words:** Mbocayá, Biofuel, oilseeds, cooperativism, palm tree.

## Introducción

En los últimos años se ha ido marcando una tendencia en el mundo hacia el uso de los cultivos energéticos para la producción de biodiesel, biomasa, fertilizantes y aprovechamiento de productos secundarios de éstos procesos. En diferentes regiones estos cultivos son mayoritariamente oleaginosas, pero se viene incursionando desde hace casi cuarenta años en otro tipo de cultivos perennes, entre los cuales se encuentra la producción de frutos de palmas, destinada en gran parte a la generación de aceite vegetal. De la matriz de producción un 35% le corresponde al aceite proveniente de palmas (Toledo, 2010).

El área de interés en la que se basó este trabajo para evaluar la posibilidad de iniciar el cultivo de palmas es la provincia de Misiones.

La especie bajo estudio para llevar adelante la actividad productiva en un futuro es *Acrocomia aculeata* que presenta características favorables aparentes para la zona (**tabla 1**).

**Tabla 1: La utilización de los subproductos de la industrialización (Fuente: Bohn, et al., 2013).**

**Table 1: The use of the by-products of industrialization (Source: Bohn, et al., 2013).**

<b>Subproducto</b>	<b>Uso actual y potencial</b>
Pericarpio (cascarilla)	Fertilizante biológico, combustible para hornos y calderas.
Aceite de Mesocarpio (pulpa)	Industria química y cosmética. Biodiesel
Expeller de Mesocarpio	Alimentación de animales.
Exocarpio (carozo)	Combustible para hornos y calderas, carbón de alto poder calorífico. Materia prima para carbón activo.
Aceite de Endocarpio (almendra)	Cosmética fina, industria química, alimentación humana. Biodiesel
Expeller de Endocarpio	Alimentación de animales.

La idea fue generar el conocimiento científico y práctico para permitir a productores y empresas de países en vías de desarrollo – que puedan cumplir las condiciones – sustituir sus necesidades de combustibles líquidos en mayor proporción a través de la bioenergía y a la vez aprovechar racionalmente los subproductos generados en la cadena de producción, colaborando en generar fuentes de trabajo sostenibles y respetando el medio ambiente de cada región.

Actualmente no existen estudios concretos centrados en el análisis de las posibles cadenas productivas a desarrollarse en el territorio provincial para este cultivo. Por lo que éste trabajo de recopilación pretendió reunir información y antecedentes de otras regiones que permitan orientar los primeros pasos a dar en el desarrollo de las investigaciones tanto económicas como ecológicas; pensando en determinar medidas político-institucionales en el sentido de potenciar la comercialización y producción de *A. aculeata* frente a las exigencias del mercado regional de Misiones.

## Materiales y métodos

### Revisión bibliográfica

Las actividades se basaron en la localización, búsqueda, identificación, selección, análisis crítico y descripción de la información existente sobre aspectos ecológicos y de usos económicos, en sentido amplio de la especie *Acrocomia aculeata*. Los materiales con los cuales se realizó el trabajo fueron referencias bibliográficas y publicaciones de proyectos e investigaciones acerca de la especie en estudio para determinar los principales requerimientos y las plagas. Para poder generar propuestas acerca del manejo silvicultural más adecuado se complementó la revisión de antecedentes con la visita a plantaciones in situ a Paraguary Honheau, Departamento de Itapúa.

## Evaluación de similitud edafoclimática y económica para la especie en misiones

A partir de la información reunida con la revisión bibliográfica, se establecieron indicadores necesarios para el desarrollo de la especie. Los mismos fueron clasificados tal como figura en la **tabla 2**.

**Tabla 2. Criterios para evaluación de similitud de *Acrocomia aculeata* (Fuente: Propia, 2013).**

**Table 2. Criteria for evaluation of similarity of *Acrocomia aculeata* (Source: Own, 2013).**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>
<b>Ambiental</b>		
<b>Características Climáticas</b>		
Precipitación media anual	En milímetros (mm)	Precipitación mayor a los 1500mm anuales.
Altura	En metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)	La especie se encuentra representada en alturas que van de 100 a 1000 m.s.n.m.
Temperatura media anual	En grados Centígrados (°C)	Los antecedentes indican que el desempeño es mejor en temperaturas por encima de los 20 °C
<b>Características Edáficas</b>		
Drenaje	Regular Moderado Bueno	Se necesitan drenajes buenos para un mejor desarrollo del estípite, zonas anegadas presentan problemas de desarrollo temprano.
Aptitud de uso Predominante	Información presentada en las ZAH's de INTA. Clasificación de Atlas de Suelos de la República Argentina. SAG-PyA. Proyecto PNUD ARG. 85/01.	Permite sintetizar información acerca de la proporción mayor de tierras en condiciones para la plantación de cultivos perennes de éste tipo. La especie tendría mejores comportamientos en suelos Clase II y III.
<b>Económico</b>		
<b>Características de Uso y Cobertura</b>		
Tipo predominante de Tierras	Atribución a las ZAH's del tipo de tierras que presentan según la clasificación del Mapa Forestal de la Provincia de Misiones por Manghi E. <i>et al.</i> , 2005.	Por comparación de hábitad donde la especie tiene distribución natural, se entiende que ésta se comporta mejor con doseles como los que presentan las tierras mixtas boscosas y tierras agropecuarias.
Proporción de población rural y urbana	Información obtenida de el relevamiento de ZAH's de INTA y constatada con el Censo Nacional Agropecuario 2008 y Censo Nacional	Se define como favorable (según el enfoque cooperativista que se desea dar al cultivo de la especie) zonas con mayor proporción de

### Factibilidad económica de plantación de *A. aculeata*

Se proyectó una plantación de *A. aculeata* teniendo en cuenta coeficientes técnicos obtenidos de la investigación realizada. Para la comercialización se hace necesaria la instalación estratégica de una industria de transformación de los cocos para la obtención de subproductos y derivados, por lo que se supone que ya existen las posibles industrias procesadoras de los cocos (tabla 3).

Los antecedentes indican que el costo medio de producción ronda los \$269,22 por tonelada/ha/año de coco con cáscara y el precio promedio por venta a las industrias varía entre \$467,5 ton/ha/año (Pimentel, *et al.*, 2010).

La producción de frutos comienza en el cuarto o quinto año, dependiendo del tipo y desarrollo del material de propagación utilizado, estabilizándose en el sexto año. La época de cosecha se extiende de 3 a 6 meses, dependiendo del número de racimos que desarrollen las palmeras. Si bien se han reportado rendimientos de hasta 110 Kg de frutos frescos por palmera y hasta 14 racimos anuales en pequeñas poblaciones de palmeras silvestres sin manejo agrícola en suelos de mediana calidad, por estos motivos consideramos razonable suponer 22 toneladas de frutos secos por hectárea (Bohn, *et al.*, 2013).

Para explorar la escala más adecuada de la inversión se plantean 4 escenarios distintos. En primer lugar una inversión en 5 hectáreas a 10 años como horizonte de planificación, en segundo lugar la misma superficie con 30 años. El tercer escenario supone una superficie de 250 hectáreas a 10 años como horizonte de planificación, y el último 250 hectáreas con 30 años como horizonte. La densidad 400 plantas/hectárea (espaciamiento 5m x 5m).

Se evaluó cada escenario comparando los indicadores financieros VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

**Tabla 3. Análisis económico para la producción de Mbocayá en Misiones (Fuente: Propia, 2013).**  
**Table 3. Economic analysis for the production of Mbocayá in Misiones (Source: Own, 2013).**

Descripción	Detalle	Valor unitario (VU)	Año 1: Implantación		AÑO 2 a 4: Formación		AÑO 5 a 10: Producción Creciente		Año 11 a 30: Producción estable	
			Cantidad	Total	Cantidad	Total	Cantidad	Total	Cantidad	Total
<b>A-Operaciones mecanizadas</b>										
A1- Preparación de suelo										
Hoyado	Hoyadora	13,75	8	110						
A2- Implantación										
Distribución de mudas	Tractor 75 cv + carrito	96,25	2	192,5						
A3- Tratamientos culturales										
Fertilización	Tractor 75 cv + carrito	96,25	2	192,5	1	96,25	1	96,25	1	96,25
A4- Cosecha										
Transporte	Tractor 75 cv + carrito	96,25							4	385
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>495</b>	<b>96,25</b>	<b>96,25</b>	<b>96,25</b>	<b>96,25</b>	<b>4</b>	<b>481,25</b>
<b>B- Operaciones Manuales</b>										
B1- Preparación de suelo										
Control de Hormiga	Hombre-día	170	1	170						
Limpieza	Hombre-día	170	1	170						
Marcación de terreno	Hombre-día	170	2	340						
Distribución de Mudas	Hombre-día	170	3	510						
Fertilización	Hombre-día	170	5	850						

Plantación	Hombre-día	170	1	170						
B2- Tratamientos culturales										
Herbicidas	Hombre-día	170	2	340	2	340	2	340	2	340
Poda de hojas	Hombre-día	170					1	170	1	170
Fertilización	Hombre-día	170	2	340	2	340	2	340	2	340
B3- Cosecha	Hombre-día	170					7	1190	10	1700
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>2550</b>		<b>680</b>		<b>2040</b>		<b>2550</b>
C- Insumos										
C1- Fertilizantes										
P	\$/ton	1512,5	0,16	242	0	121	0,1	181,5	0,2	363
N	\$/ton	2612,5	0,04	104,5	0	209	0,1	313,5	0,2	627
K	\$/ton	4675	0,04	187	0	374	0,1	561	0,2	1122
Micronutrientes	\$/Kg	5,5	10	55	10	55	20	110	30	192,5
C2- Fitosanitarios										
Fungicida	\$/Litro	247,5					1	247,5	1	247,5
Insecticida	\$/Litro	247,5					1	247,5	1	247,5
Hormiguicida	\$/Kg	13,75	4	55	2	27,5				
C3- Herbicidas										
Pos emergente	\$/Litro	49,5	2	99	2	99	2	99	2	99
C4- Plantines	\$/unidad	16,5	400	6600						
<b>SUBTOTAL C</b>				<b>7342,5</b>		<b>885,5</b>		<b>1760</b>		<b>2898,5</b>
D- Administración y Comercialización										
				207,7						
D1- Proyecto	2% Implantación		10388	5						286,343
D2- Manejo	2,5% Ingresos brutos							191,44		8
<b>SUBTOTAL D</b>				<b>207,7</b>				<b>191,44</b>		<b>286,343</b>
E- Amortizaciones y costo de oportunidad										
E1- Costo oportunidad de la tierra										
	\$/año	1000								
E2- Amortizaciones	\$/año (no por hectárea)	7900								

## Resultados

El término *Acrocomia* deriva del griego “Akron” (una) y “Kome” (cabellera) sugiriendo que las hojas están dispuestas en forma de una corona.

El nombre vulgar de la especie varía de acuerdo con la región de distribución de la misma: Mbocayá (Argentina); totaí (Bolivia); corozo (Colombia, Venezuela); tamaco (Colombia); coyol (Costa Rica, Honduras, México); corosse (Haití). En Brasil, es conocida por bocaiúva, chiclete-de-baiano, coco-baboso, coco-de-catarro, coco-de-espinho, macacauba, macaiba, macaibeira, macajuba, macaúba, macaúva, mucaia, mucaja e mucajaba. La denominación de “mbocayá” deriva de palabras indígenas “mboka” (que se quiebra estallando) y “ya” o “já” (fruto), indicando árboles de frutos que estallan (Lorenzi, 2006).

Con amplia distribución en todo el trópico americano; sus variedades crecen naturalmente desde México hasta el norte de Argentina, Bolivia, Paraguay, Antillas, excepto Ecuador y Perú (Grassia, 2009). En Argentina se encuentra en las provincias de Chaco, Corrientes, Misiones, Formosa y Salta.

En Misiones se la halla en la zona sur, principalmente en los Departamento Capital, Apóstoles, Concepción, Leandro N. Alem, Candelaria y San Ignacio (Radins, 2010).



### Evaluación de similitud edafoclimática y económica para la especie en Misiones

A partir de la metodología planteada y los criterios establecidos se construyó una matriz de referencia con las características edafoclimáticas y otra con las socioeconómicas, para cada zona evaluada y los requerimientos.

Tabla 4: Evaluación de la matriz para el establecimiento de *Acrocomia aculeata* en Misiones (Fuente: Propia, 2013).

Table 4: Evaluation of the array for the establishment of *Acrocomia aculeata* in Misiones (Source: Own, 2013).

ZAHs	Criterios Ambientales	Criterios Económicos	Ambos criterios
Zona Noroeste	100,00%	16,67%	54,55%
Zona Oeste	80,00%	16,67%	45,45%
Zona Noreste	40,00%	50,00%	45,45%
Zona Centro	60,00%	83,33%	72,73%
Zona Sur	100,00%	66,67%	81,82%

### Factibilidad económica de plantación de *Acrocomia aculeata*

Se realizaron los flujos de fondo para cada uno de los escenarios planteados obteniéndose como resultados los siguientes gráficos que resumen el comportamiento de los costos y los ingresos generados en el tiempo (los resultados no están actualizados a la tasa ya que solo buscan explicar las proporciones). Los indicadores financieros de cada escenario fueron calculados y se encuentran resumidos en la tabla siguiente.

Tabla 5: Resumen de los cuatro escenarios propuestos (Fuente: propia, 2013).

Table 5: Summary of the four scenarios (Source: Own, 2013).

Escenarios	Años	Superficie (hectáreas)	VAN TOTAL	VAN (\$/ha)	TIR
1	10	5	-\$93.111,54	-\$18.622,31	-22,75%
2	10	250	-\$2.277.015,1	-\$9.108,06	-4,41%
3	30	5	-\$27.117,74	-\$5.423,55	7,79%
4	30	250	\$1.196.796,2	\$4.787,19	12,39%

### Conclusiones

Teniendo en cuenta las similitudes edafoclimáticas y económicas de los requerimientos comparados con las diferentes zonas de Misiones, se determinó que las más apropiadas para iniciar con el cultivo de la especie corresponden a las zonas centro-sur de la provincia con 80% de similitud aproximadamente, abarcando los departamentos de Oberá, Apóstoles, L. N. Alem y alrededores.

El conocimiento de los costos de producción y rentabilidad del cultivo es de fundamental importancia para ayudar al agricultor en la toma de decisiones en relación a la implantación de *Acrocomia*. Desde un punto de vista particular, no hay un costo de producción que pueda ser generalizado para todas las regiones, debido a la falta de homogeneidad de las condiciones del suelo, relieve, clima, niveles de manejo adoptados, insumo e infraestructura de transporte de la zona considerada. Sin embargo, según los escenarios propuestos se determinó que el costo de producción es mayor al precio de venta del mercado hasta la fase de producción creciente siendo de \$792,90/tonelada, y menor a partir de la fase de producción estable a \$344,07/tonelada.

Pudo observarse que la producción primaria de los frutos es una actividad rentable con una TIR de 12,39%, y un VAN de \$4.787,19/hectárea cuando se trabajan superficies cercanas a las 250 hectáreas en un horizonte de 30 años, que a su vez son las necesarias para abastecer una industria de procesamiento. Ésta puede entonces llevarse a cabo por una agrupación de pequeños productores que compartan los costos y los beneficios, cada uno aportando los factores de producción disponibles de manera cooperativa.

### **Recomendaciones**

A pesar del potencial observado en la especie, su plasticidad ecológica, y de sus pocas limitantes, los antecedentes regionales encontrados tienen poco resuelto el establecimiento de las plantaciones. Donde se piense en la domesticación de la especie a través de las plantaciones, sería necesario iniciar el proceso evaluando distintos aspectos silviculturales como: densidad, incidencia de la iluminación sobre el crecimiento y producción de frutos, producción de mudas en vivero, fertilización.

Se hace evidente el interés al mejoramiento genético, abriendo una línea potencial y necesaria de investigación, para el establecimiento de plantaciones de elevada productividad de frutos. La recomendación es contemplar los resultados de estas pruebas e iniciar las plantaciones con el material que haya demostrado los mejores desempeños para las variables de interés, en las evaluaciones realizadas hasta el momento.

La organización de los productores puede influir en los márgenes de beneficios a su favor, disminuyendo la intermediación de los transportistas. Se deberían establecer flujos que representen los posibles canales de comercialización, una vez que estén estudiados otros aspectos más específicos.

Una primera posibilidad sería que el coco fuera vendido directamente a las industrias de procesamiento por los propios agentes, excluyendo la participación de intermediarios externos, actuando grandes y algunos medianos productores. El pequeño productor, para poder participar en el flujo debería estar organizado en cooperativas. Un segundo flujo contemplaría por ejemplo cuatro agentes económicos: los productores, pequeños intermediarios, grandes intermediarios y las industrias. Un tercer flujo elimina a los grandes intermediarios, reemplazándolos por mayoristas.

Debido a la rentabilidad que presenta actuar en los canales de comercialización, es posible que ocurra que medianos y grandes productores actúen también como intermediarios, comprando y concentrando grandes cantidades de materia prima como coco seco, para luego revender o directamente utilizar en la industria provocando esto una manipulación de los precios. Los pequeños productores, transportarían los frutos distancias pequeñas, en camiones de dimensiones menores. Los propietarios mayores, concentrarían grandes volúmenes, estarían cerca de los mayores centros de consumo, y poseerían mayor información acerca de los precios y la demanda. Hay que tener en cuenta que la estrategia del uso de *Acrocomia* como un cultivo alternativo, es el desarrollo de áreas con capacidades rurales no aprovechadas, y nivel socioeconómico reducido.

De esta forma se pueden diagramar políticas de estado que permitan incentivar el desarrollo de esta actividad en zonas rurales, agregando rentabilidad con ciertas estrategias. Por ejemplo puede destacarse, que a los grados de densidad utilizados normalmente, pueden asociarse pasturas que servirían como base para la implementación de un sistema agroforestal. Al establecerse cooperativas, los equipamientos de cosecha y procesamiento reducen sus costos de producción al utilizarse durante mayor número de turnos. Otros factores que podrían incentivar la producción sería establecer procesos que permitan reducir la mano de obra, y lograr un aumento en los precios de los productos, principalmente el carbón obtenido del endocarpo, que es el que presenta mayor atractivo económico.

Se propone puntualmente llevar adelante las siguientes actividades para avanzar con la introducción de la especie:

- 1) Identificar y promocionar la recolección de coco en poblaciones naturales;
- 2) Encontrar canales de comercialización con comunidades en las zonas de interés;
- 3) Desarrollar un sistema de acopio para las zonas, haciendo un esfuerzo para ofrecer al productor/ recolector el mejor precio posible;
- 4) Realizar una campaña educativa sobre las ventajas de su cultivo, los procedimientos silvícolas, y las oportunidades de venta y comercialización;
- 5) Promocionar el cultivo de la especie enfocados principalmente en los pequeños productores teniendo en cuenta sus capacidades productivas; buscando que los mismos no se encuentren a un radio mayor de 80-100 km. de una posible industria aceitera de procesamiento;
- 6) Considerar la promoción de una estrategia de usos múltiples para solucionar los problemas más urgentes de las familias, para que la plantación sea más atractiva.

### **Agradecimientos**

Al Ministerio del Agro y la Producción de Misiones a través de la Subsecretaría de Desarrollo Forestal y la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) por el financiamiento y el apoyo al trabajo.

Se agradece también el apoyo brindado en la iniciativa y el suministro de bibliografía a los integrantes de *Acrocomia Solutions* (Honheau, Itapúa) y el marco brindado por la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

## Bibliografía

- BOHN, E., OBERLAENDER, D. y HAUPENTHAL, D. *Acrocomia aculeata*. *Acrocomiasolutions*. Consultado el 29/0/ 2013.RRL: [www.acrocomiasolutions.com](http://www.acrocomiasolutions.com).
- COMISIÓN COORDINADORA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 2006. Situación Actual. Estrategia de desarrollo. Objetivos y Proyectos. Posadas, Misiones.
- GRASSIA, J. *Acrocomia aculeata*. Palmeras en la ciudad de Resistencia. Entrada en marzo de 2009, consultado el 22/11/2012. URL: <http://palmasenresistencia.blogspot.com.ar/2009/03/acrocomia-aculeata.html>.
- GUNTHER, D., Correa de Temchuk, M., Lysiak, E. 2008. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales Zonas AgroEconómicas Homogéneas de Misiones. PE Economía de los Sistemas de Producción: Caracterización y Prospectivas, PPR Análisis Socioeconómico de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y de los Recursos Naturales -Área Estratégica Economía y Sociología. INTA – EEA Cerro Azul. ISSN 1851- 1851-6955.
- IPEC (Instituto Provincial de Estadísticas y Censos). 2012. Exportaciones de la Provincia de Misiones. Entrada 2012, consultado: 20/05/2013. URL: [http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Exportaciones\\_2012\\_2013.pdf](http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Exportaciones_2012_2013.pdf) Posadas, Misiones.
- IPEC (Instituto Provincial de Estadísticas y Censos). 2008. Explotaciones agrícolas por departamento-en hectáreas según C.N.A. entrada: 2012, consultado: 20/05/2013. URL: [http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Htas\\_deptos.pdf](http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Htas_deptos.pdf).
- IPEC (Instituto Provincial de Estadísticas y Censos). 2012. Cantidad de Explotación Agropecuaria (Eaps) por Municipios según C.N.A. 2002 y C.N.A. 2008. Entrada: 2012, consultado 20/05/2013. URL: [http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/eaps\\_muni\\_2002\\_2008.pdf](http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/eaps_muni_2002_2008.pdf).
- IPEC (Instituto Provincial de Estadísticas y Censos). 2012. Cultivos Industriales-por departamento-CNA 2008. Entrada: 2012, consultado: 20/05/2013. URL: [http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Total\\_especie\\_Indust\\_CNA2008.pdf](http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Total_especie_Indust_CNA2008.pdf).
- IPEC (Instituto Provincial de Estadísticas y Censos). 2012. Ganadería de la Provincia de Misiones-por departamento-CNA 2002 y CNA 2008. Entrada: 2012, consultado: 20/05/2013. URL: [http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Ganaderia\\_TotalPcia\\_CNA2002\\_CNA2008.pdf](http://www.ipecmisiones.com/w1/sites/default/files/Ganaderia_TotalPcia_CNA2002_CNA2008.pdf).
- LORENZI, G. 2006. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Arecaceae: Bases para o extrativismo sustentável. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
- MANGHI, E., BONO, J., MONTENEGRO, C. 2005. Mapa forestal de la Provincia de Misiones. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina. 24pág.
- PIMENTEL L., Entaban, Motoike S., Wakim de Almeida Costa E., Manfio C., Horst Bruckner C. 2010. Estimativa de custo de produção e viabilidade econômica do cultivo da palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata*) para produção de óleo vegetal
- RADINS, J. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. Flora de Misiones, entrada del 16 de febrero de 2010, consultado el 23/01/2013. URL: <http://florademisiones.blogspot.com.ar/2010/02/acrocomia-aculeata.html>
- TOLEDO, D. 2010. Análise técnica, econômica y ambiental de macaúba e de pinhão-manso como alternativas de agregação de renda na cadeia produtiva de biodiesel. Minas Gerais. Brasil. (Tesis Doctorado)

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MUNICIPIO DE ELDORADO**

**MORPHOMETRICAL ANALYSIS OF HYDROGRAPHICAL BASINS OF ELDORADO**

**Palavecino, José A.<sup>1</sup>; Kozarik J. C.<sup>1</sup>; Eibl, B. I.<sup>1</sup>; Guerrero J. A.<sup>2</sup>; Valdes, P. A.<sup>2</sup>**

(1) y (2) Docentes y Becarios - Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Bertoni 124, (3382) Eldorado, Misiones. E- mail: [pala@facfor.unam.edu.ar](mailto:pala@facfor.unam.edu.ar)

**Resumen**

El objetivo del trabajo consiste en identificar y establecer un estudio comparativo de los principales parámetros morfométricos de las cuencas de los Arroyos Pomar, Elena y Pati Cuá, Provincia de Misiones. Para llevar a cabo lo propuesto se utilizaron Cartas Topográficas de la Compañía C.A.R.T.A. a escala 1: 50000, imágenes satelitales LANDSAT TM 5 y fotografías aéreas B&N. La metodología consistió en llevar a formato digital el área de la cuenca y realizar su tratamiento en un SIG en el cual se digitalizaron las curvas de nivel y se realizaron los cálculos de los parámetros como ser: área, perímetro, longitud del río principal, índice de sinuosidad, pendiente media, densidad de drenaje, relación de relieve, orden, factor forma, índice de compacidad y coeficiente de Gravellius. Los resultados se expresan en forma de Cartas, tablas y gráficos correspondientes a la curva hipsométrica y distribución de superficies en función de la altura.

**Palabras clave:** Cuenca, morfometría, Arroyos, Misiones

**Summary**

The aim of the present work consist of identifying and establishing a comparative study of the main morphometric parameters of the Pomar, Elena and Pati Cuá streams basins .Province Misiones. In order to accomplish the objectives, topographic maps were used from the C.A.R.T.A company with a scale of 1:50000; satellite imagery from the LANDSAT TM 5, and aerial photography as support material. The methodology consisted in digitalize the basins areas, and making the data treatment in a GIS in which were digitalized the ground level curves and made the parameters calculations, as area, perimeter, longitude of the main water curse, sinuosity rate, average pendent, drainage density, topography relation, array, figure factor, compactness rate, and Gravellius rate. The results are expressed in form of comparative tables between the three basins; graphics corresponding to the hypsometric curves; and surfaces distribution according to the altitudes.

**Key words:** basin, morfometric, stream, Misiones.

## **Introducción**

La región fitogeográfica de la República Argentina conocida como Selva Misionera es una región que por sus características ambientales es única en el país por estar surcada por un sin número de cursos de agua que desembocan en dos grandes ríos como lo son el Paraná y el Uruguay.

Las cuencas de los Arroyos Pomar, Elena y Patí Cuá localizadas en el Municipio de Eldorado, forman parte de esta red hidrográfica conformando el sistema del Río Paraná. La unidad geomorfológica predominante es un pediplano parcialmente disectado, presentando un relieve ondulado con pendientes cortas hacia los cursos de agua.

El clima, con una precipitación media de 1723 mm y suelos rojos, profundos dieron origen a un ecosistema natural de variada riqueza florística que fue perdiéndose por efectos del crecimiento urbano y el establecimiento de diferentes cultivos comerciales.

En la actualidad, la política nacional de recursos hídricos, incorpora principios y normas para la gestión de los recursos hídricos definiendo a la cuenca hidrográfica como una unidad de estudio y gestión. Uno de los primeros estudios que se abordan sobre las cuencas corresponde a la caracterización morfométrica o sea la relación topo-hidrológica, donde se producen los fenómenos ambientales en su funcionamiento.

Entre los parámetros morfométricos, se distinguen los lineares, areales e hipsométricos. Su determinación permite contar con índices que identifican y caracterizan a una cuenca hidrográfica y a su vez realizar estudios comparativos entre las mismas.

Estudios de esta naturaleza datan desde 1945 donde Horton estableció los primeros cálculos sobre estos parámetros, García Nájera en 1962, Christofolletti en 1982 y la FAO con su Manual de Campo para la ordenación de cuencas hidrográficas en 1992 a ejemplo de citas

Con el advenimiento de la Percepción Remota y los Sistemas de Información Geográfica, fueron numerosos los aportes realizados por distintos centros de investigación y aplicación de estas nuevas tecnologías en el conocimiento y aplicación de los parámetros morfométricos en diversos tipos y formas de cuencas hidrográficas.

Mediante lo expuesto, el objetivo del presente trabajo consiste en identificar y establecer un estudio comparativo de los principales parámetros morfométricos de las cuencas de los Arroyos Pomar, Elena y Patí Cuá utilizando las herramientas del Geoprocésamiento

## **Materiales y Métodos**

Los Arroyos Pomar, Elena y Patí Cuá conforman parte del sistema de cuencas del Municipio de Eldorado tal como se puede apreciar en la imagen Landsat (Figura 1). Sus aguas recorren el Municipio en sentido Este - Oeste desembocando en el Río Paraná, conformando un sistema exorreico con tributarios perennes (Figura 2). En sus trayectos recorren las áreas urbanas más densas del Municipio, observándose un mosaico de actividades forestales y agropecuarias en sus cuencas medias y relictos de bosque natural alto en las cercanías de sus desembocaduras. Sus recorridos imprimen en el relieve un patrón de drenaje dendrítico, típico de la litología de la región.

El material cartográfico base fue la Carta Temática /Topográfica N° 2754-8-1-2 de la Compañía CARTA, Año 1962, escala 1:50000. Los productos de los sensores remotos fueron imágenes Landsat TM5 543 RGB año 2009, a escala 1:50000, fotografías aéreas blanco y negro, escala 120000 y mosaico de fotografías de pequeño formato color normal a efectos de visualización de los rasgos estructurales y del paisaje.

Para realizar la caracterización física de las cuencas se utilizó el Sistema de Información Geográfica gvSIG que permite gestionar bancos de datos georreferenciados y realizar análisis de bases cartográficas digitales en formato raster y vectorial. Tablas y gráficos, se construyeron en planilla electrónica Excel de Microsoft.

Delimitada el área de las cuencas, la información ingresó al SIG donde se digitalizaron las curvas de nivel, la red de drenaje y se obtuvieron valores lineales, areales e hipsométricos como ser: Perímetro, Area, Altitud máxima, media y mínima, amplitud altimétrica, pendiente media, eje de la cuenca, relación de relieve, Índice de Compacidad/ Coeficiente de Gravellius, y Factor forma. Respecto a la morfometría fluvial se determinaron las longitudes de los ríos principales y se jerarquizaron los tributarios a efectos de establecer el Orden de la Cuenca establecidos por Horton (1945).

Teniendo en cuenta que los valores altimétricos son de fundamental importancia en la construcción de gráficos representativos, se confeccionó un banco de datos a efectos de relacionarlos con la superficie.

## Resultados

Los resultados se visualizan en tabla de parámetros morfométricos (**Tabla 1**), mapas hipsométricos para las tres cuencas (**Figuras 3, 4 y 5**) y gráfico de barras donde se expresan las superficies en función de las alturas. Con los datos obtenidos se confeccionaron las curvas hipsométricas teniendo en cuenta que estas curvas representan el relieve medio de una cuenca, donde el eje vertical representa las alturas y el horizontal, a los porcentajes de superficie. (**Grafico 1 y 2**).

**Figura 1: Imagen Landsat TM5. Cuencas hidrográficas del Municipio de Eldorado**  
**Figure 1: Landsat TM5. Basin of Eldorado.**



**Figura 2: Localización geográfica de las cuencas de los arroyos Pomar, Elena y Patí Cuá.**  
**Figure 2: Geographic location of Pomar, Elena and Patí Cuá stream.**

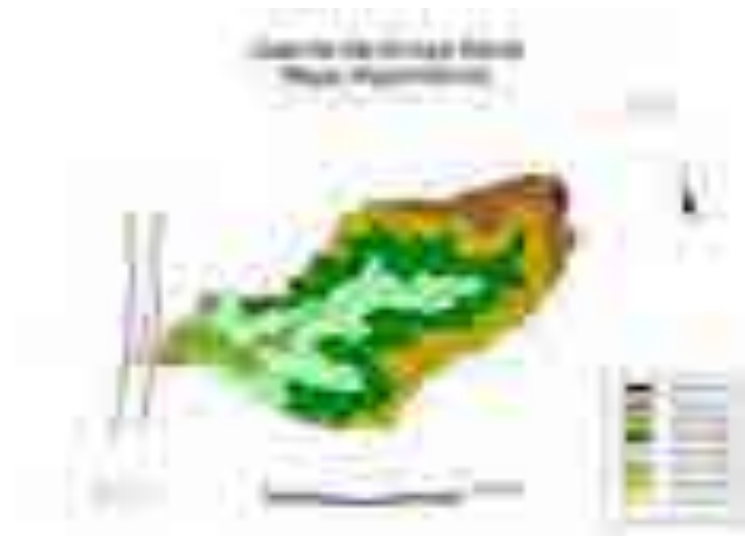


**Figura 3: Mapa hipsométrico del Arroyo Pomar**  
**Figure 3: Hypsometry Pomar stream**





**Figura 4: Mapa hipsométrico del Arroyo Elena**  
**Figure 4: Hypsometry Elena stream**



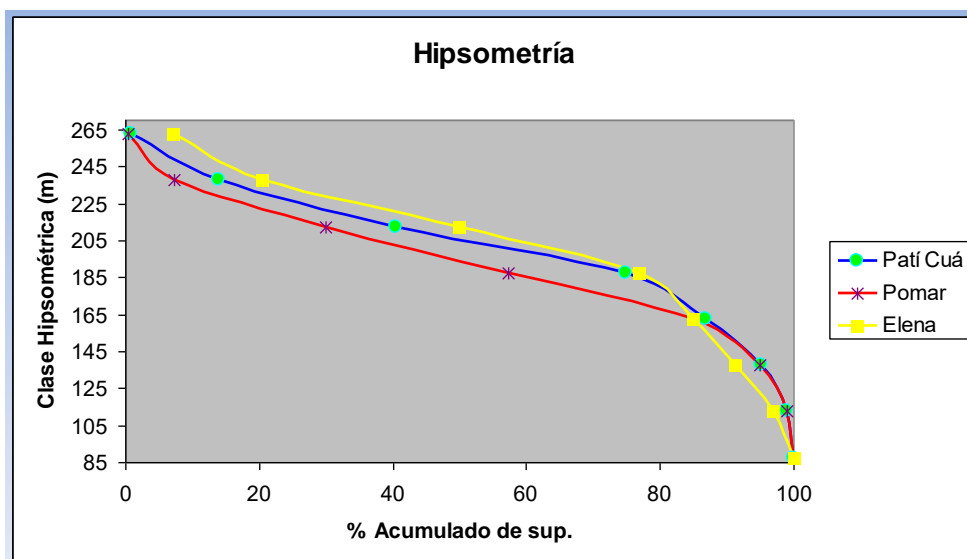
**Figura 5: Mapa hipsométrico del Arroyo Patí Cuá**  
**Figure 5: Hypsometry Patí Cuá stream**



**Tabla 1: Parámetros morfométricos de las Cuencas de los Arroyos Elena, Pomar y Pati Cuá**

**Table 1: Morphometric parameters of the Elena, Pomar and Pati Cuá stream**

	A° Pomar	A° Elena	A° Pati Cuá
<b>Área</b>	35.44 Km <sup>2</sup>	13.5 Km <sup>2</sup>	19,35Km <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	31.67 Km	17.2 Km	19,35 Km
<b>Eje de la cuenca</b>	11.7 Km	6.8 Km	6,94 Km
<b>Longitud del río principal</b>	16.1 Km	8.3 Km	9,18 Km
<b>Índice de sinuosidad</b>	1.37	1.2	1,32
<b>Pendiente media</b>	6.26 %	7.6%	8,92%
<b>Densidad de drenaje</b>	2.78 Km/Km <sup>2</sup>	2.5 Km/Km <sup>2</sup>	2,94 Km/Km <sup>2</sup>
<b>Relación de relieve</b>	0.015	0.025	0,027
<b>Orden</b>	4°	4°	4°
<b>Factor forma</b>	0.13	0.29	0,18
<b>Coefficiente de Compacidad / Gravellius</b>	1.50	1.31	1,48
<b>Altitud máxima</b>	273.5 m	260 m	270 m
<b>Altitud mínima</b>	100 m	85 m	85 m
<b>Altitud media</b>	196.8 m	189.2 m	190.26 m
<b>Amplitud altimétrica</b>	173.5 m	175 m	185m
<b>Coef. de Rugosidad</b>	17,4	19	26,22



**Gráfico 1: Curvas hipsométricas**  
**Graph 1: Hipsometer curves**

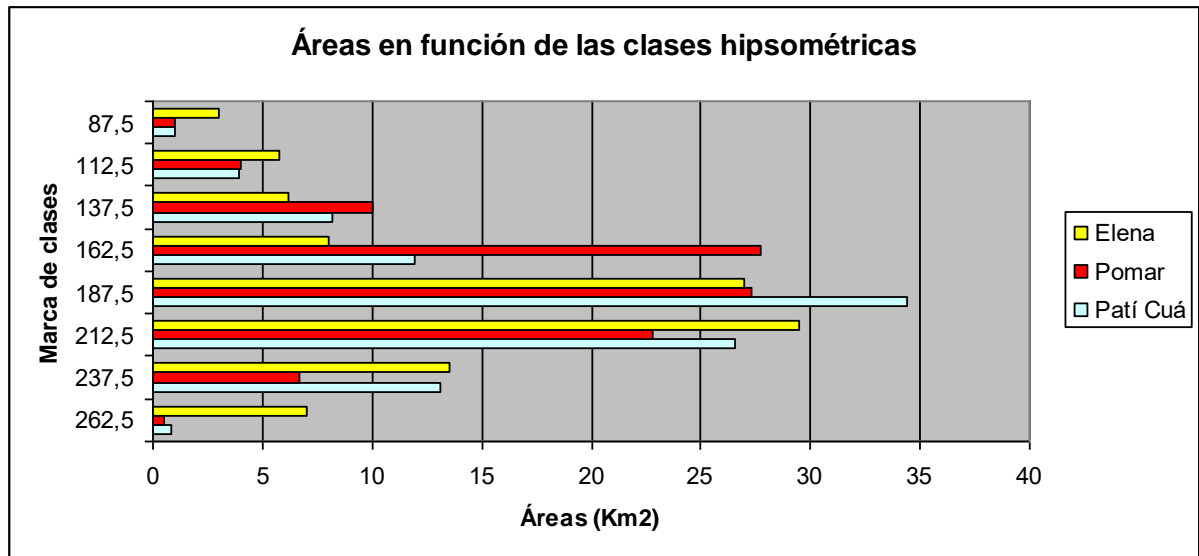


Gráfico 2: Distribución de áreas en función de alturas: Cuenca Arroyos Pomar, Elena y Patí Cuá  
 Graph 2: Surface distribution due to eight of Pomar, Elena and Patí Cuá stream.

### Conclusiones

Las cuencas de los Arroyos Pomar, Elena y Patí Cuá cubren una totalidad de 66.76km<sup>2</sup> del Municipio de Eldorado, esto es aproximadamente un 1/3 del territorio municipal.

La cuenca del Arroyo Pomar es una de las más extensas del municipio, prácticamente casi con doble tamaño respecto a las otras dos en estudio. El mayor espacio geográfico donde se asientan las actividades urbanas corresponde a las cuencas del Pomar y Elena.

Los coeficiente de compacidad obtenidos califican a las tres cuencas como ovaladas, estando la del Pomar en el límite hacia la calificación de oblonga. Los valores de los parámetros lineales guardan prácticamente una relación doble especialmente en el área, perímetro, eje y longitud del río principal.

Se puede afirmar que las cuencas en estudio tienen prácticamente similitud en amplitud altimétrica, y pendientes muy cercanas a un valor que se puede calificar como un relieve suavemente ondulado.

El índice de sinuosidad revela que no son arroyos muy sinuosos y tanto el orden 4º como los valores de las densidades de drenaje obtenidos indican un eficiente drenaje de las aguas. Lo mencionado más los valores del factor forma e Índice de Gravellius indican que la velocidad de escurrimiento de las aguas es baja, no existiendo mayores peligros de crecidas, siempre y cuando se mantengan estables los parámetros climáticos y de cobertura vegetal.

Los gráficos hipsométricos revelan que los Arroyos Pomar y Patí Cuá, poseen mayor proporción de superficie en las cotas intermedias (150-200m) mientras que el Arroyo Elena presenta una distribución más homogénea en todas las clases hipsométricas.

Desde el punto de vista cartográfico, la distribución de las clases hipsométrica imprime una categoría de textura media en todo el pediplano y una textura fina en las barrancas del Río Paraná.

El coeficiente de rugosidad que relaciona, la densidad de drenaje y la pendiente media, califica a la región con vocación agrícola-forestal.

Existen otros parámetros especialmente hidrológicos a tener en cuenta en próximos estudios, y asociarlos con los morfométricos a efectos de realizar una integración y poder determinar índices de conservación, protección y restauración de las cuencas.

Las herramientas de las Tecnologías de información Geográfica fueron de gran utilidad para la realización del presente trabajo. En la actualidad, nuevos software están incorporando modelos digitales de elevación del terreno - MDE – a efectos de ampliar estudios sobre las cuencas hidrográficas.

## **Bibliografía**

- ANÁLISIS CUANTITATIVOS DE LA MORFOLOGÍA DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA. (1992). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Guía FAO Conservación N° 13 / 6, Roma. p. 80*
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980) Geomorfología. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher. 188p.*
- DE PALMA LIMA, W. (1986). Morfología de bacías. En: Principios de hidrología florestal. Universidade de Sao Paulo, Capitulo IV, Piracicaba. pp 53 – 68*
- COMPAÑÍA ARGENTINA DE RELEVAMIENTOS TOPOGRAFICOS Y AEROFOTOGRAFICOS (C.A.R.T.A.). (1964) Informe edafológico y cartográfico de la Provincia de Misiones. INTA – Ministerio de Asuntos Agrarios de Misiones. 106 p*
- EL COMPLEJO FISICO DE LA CUENCA. (1994). Restauración hidrológico forestal de Cuencas y control de erosión. Tragsa y Tragsatec. Unidad 2. Madrid. pp 47 – 82*
- GARCIA NAJERA, J. M. (1962). Principios de Hidráulica Torrencial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Ministerio de Agricultura. Madrid. 348p.*
- HORTON, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. En: Geol. Soc. Am. Bull, vol. pp 275 – 370*
- MITCHEL, A. 1999. The ESRI Guide to GIS Anallysis. Volume 1: Geographics Patterns and Relationships. USA. 186 p.*
- PALAVECINO, J.A. (2007). Morfometría de la red de drenaje de la Cuenca del Arroyo Pomar. En: Revista Yvyrareta. N° 14. FCF-UNaM. Eldorado. Misiones. pp 47-50*
- VILLELA, S. MATTOS, A. (1975). Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 245p.*

**RECUPERACION ECOLÓGICA DE CLAROS PRODUCIDOS POR TALA SE-  
LECTIVA EN LA SELVA TUCUMANO BOLIVIANA MEDIANTE EL MÉTODO  
DE PERCHAS ARTIFICIALES**

**THE ROLE OF ARTIFICIAL PERCHES IN THE REGENERATION OF LOG-  
GING GAPS IN THE YUNGAS OF ARGENTINA**

**Carbone, Verónica A. <sup>(1)</sup> y Zurita, G. A. <sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Forestales (FCF) - Universidad Nacional de Misiones (UNaM). E-mail: [carboneveronicaa@gmail.com](mailto:carboneveronicaa@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Instituto de Biología Subtropical (IBS), Facultad de Ciencias Forestales (FCF) - Universidad Nacional de Misiones (UNaM). CONICET). E-mail: [gazurita@ege.fcen.uba.ar](mailto:gazurita@ege.fcen.uba.ar)

**Resumen**

Las perchas naturales incrementan la llegada de semillas proporcionando sitios de descanso y defecación para aves y murciélagos. Se estudió la eficiencia de utilizar perchas artificiales como método post-cosecha para favorecer la llegada de semillas a los claros. Los muestreos se realizaron de julio a diciembre de 2010 en una finca privada ubicada en la selva Tucumano Boliviana, Salta, Argentina representada por dos pisos altitudinales: Selva Montana y Pedemontana. Utilizando trampas de semilla en un diseño completamente aleatorizado con réplicas se comparó la llegada de semillas en claros con y sin percha artificial. Se observó que las perchas incrementaron la diversidad de semillas dispersadas a los claros (no así la abundancia total). Mediante esquemas de costos de tres alternativas post-cosecha para la recuperación de claros generados por la tala selectiva se demostró que la instalación de perchas artificiales es un método económico, sin embargo, son necesarios estudios posteriores para evaluar la germinación y establecimiento de las semillas dispersadas.

**Palabras Clave:** Aves, Dispersión de semillas, Mínimo impacto, Murciélagos, Yungas.

**Summary**

This method seeks to increase the arrival of seeds in gaps, providing sites for resting and defecation of birds and bats. In this work, the efficiency of artificial perches for birds and bats as a post-harvest method for the restoration of gaps created by selective logging was studied. Seeds and vegetation structure were sampled during the period July-December in a private farm located in the Tucumano Boliviana mountain forest (Yungas), Province of Salta, Argentina represented by pre-montane and the montane forest. Using seed traps in a random design seeds' arrival in gaps with and without artificial perches were compared. It was found a difference in the vegetation structure between the Interior forest and the gaps. After the implementation of artificial perches, the diversity of seeds dispersed by birds and bats in the gaps was increased. Schemes of costs of three post-harvesting alternatives to restore the gaps generated by selective logging were made. These demonstrated that is a cheaper method than forestry enrichment; however further studies are needed to assess the germination and establishment of dispersed seeds.

**Key words:** birds, seed dispersal, minimum impact logging, bats, Yunga forest.

## **Introducción**

En las Yungas habitan 249 especies de aves y murciélagos, de los cuales al menos 23 especies consumen frutos de más de 100 especies vegetales y dispersan sus semillas. El aprovechamiento forestal del bosque nativo constituye una de las principales actividades productivas en las Yungas la cual afecta la integridad ecológica del bosque. Uno de los efectos de esta actividad es la creación de claros cuya regeneración depende en gran medida de las semillas dispersadas por animales.

Las Yungas se caracterizan por un fuerte gradiente altitudinal, con especies adaptadas a las más diversas condiciones ambientales. Como respuesta a estas condiciones la vegetación se organiza en pisos o franjas de vegetación de características bien diferenciables entre sí: selva Pedemontana, Montana y bosque Montano. La tala selectiva constituye una de las principales actividades productivas en las Yungas, generando gran cantidad de empleos (EIAA, 2009) y se concentra principalmente en la selva Pedemontana y Montana. A su vez, en estos pisos altitudinales (particularmente la selva Montana), se registran las mayores tasas de deforestación asociado a un rápido avance de cultivos agrícolas de gran rentabilidad. La ausencia de una estrategia oficial de criterios de aprovechamiento sustentable y la tala ilegal agrava esta situación asociado a mecanismos ineficientes de control por parte del estado.

La formación de claros constituye un proceso clave en la dinámica de bosque para el mantenimiento de la diversidad y estructura de la vegetación (Licona 2007). La regeneración natural de la vegetación en los claros depende de dos factores principales: la disponibilidad de semillas y la capacidad de germinación y establecimiento de las plántulas. Las semillas dispersadas por animales (zoocoria) constituyen una de las principales fuentes de propágulos para la recuperación de los claros en bosques tropicales y subtropicales. Muchas plantas tienen requerimientos específicos para germinar y establecerse y necesitan de un tipo de dispersión particular que se ajuste a sus requerimientos ecológicos y fisiológicos. A diferencia de lo que ocurre en claros naturales, algunos dispersores tienden a evitar los claros generados por tala selectiva lo que probablemente dificulta su regeneración (Zurita y Zuleta 2009).

En las Yungas, al menos tres cuartas partes de las especies leñosas y epífitas dependen de la interacción planta animal para el reclutamiento de propágulos (Blendinger Y Giannini 2010). La desaparición local de los dispersores provoca, en muchos casos, la interrupción en la regeneración de muchas especies de plantas (Wang & Smith 2002). Una forma de incrementar el uso de los claros, o zonas disturbadas, por parte de los dispersores es la instalación de perchas artificiales donde éstos puedan posarse y defecar. El objetivo de éste trabajo fue evaluar la eficiencia de la técnica de perchas artificiales para acelerar la llegada de semillas a los claros generados por tala selectiva y de esta manera brindar una alternativa económicamente viable de manejo post-cosecha para la recuperación ecológica de éste tipo de claros, aplicable para los productores locales.

### ***Objetivo General***

Estudiar el potencial de las perchas artificiales para incrementar la llegada de semillas a los claros generados por tala selectiva de mínimo impacto en la selva de Yungas y evaluar diferentes esquemas de costo para restauración de estos claros.

### Objetivos Particulares

1) Describir y comparar la estructura y composición de la vegetación en los claros generados por la tala selectiva de mínimo impacto y el interior del bosque. 2) Describir la lluvia de semillas en los claros generados por tala selectiva y el interior del bosque. 3) evaluar el efecto de las perchas artificiales en la llegada de semillas a los claros. 4) Comparar la lluvia de semillas dispersadas por viento (anemocoria) entre claros generados por tala selectiva e interior de bosque. 5) Elaborar esquemas de costos de enriquecimiento en bosques y de los costos de instalación de perchas artificiales y naturales en los claros.



### Materiales y Métodos

#### Área de estudio

El ensayo se realizó en un lote de la zona de transición de la Reserva de Biósfera de las Yungas, Departamento de Iruya, Localidad de Isla de Cañas, al norte de la Provincia de Salta, Argentina. Fitogeográficamente corresponde al Dominio Amazónico, distrito de la selva de las Yungas (Cabrera 1976), las lluvias oscilan entre los 1500 y 3000 mm de precipitación anual concentradas entre noviembre y abril, las altitudes entre los 700 y 1500 msnm de altitud la temperatura media anual es de 21.5 °C y los suelos son principalmente Alfisoles. Dos pisos altitudinales representativos de las Yungas se encuentran en el lugar bajo estudio: Selva Pedemontana y la Selva Montana.

**Mapa 1: Reserva de Biosfera de las Yungas. Distribución de los pisos altitudinales, áreas protegidas y ubicación del área de estudio (Finca Pintascayo). Modificado de LOMÁSCOLO *et al*, 2010.**

#### Diseño experimental y de muestreo

Utilizando imágenes satelitales y mapeo con la ubicación de los árboles extraídos se seleccionaron 30 claros de tiempo de creación similar (Junio 2010). Se constató y georeferenció a campo la ubicación, midiéndolos y seleccionando posteriormente 20 de tamaño similar (282 m<sup>2</sup> a 314 m<sup>2</sup>) y 10 sitios en el interior del bosque. Todos separados entre sí por al menos 150 m.

En 10 de los 20 claros se colocaron perchas artificiales<sup>1</sup> para aves y murciélagos. A ambos lados de cada percha se colocaron trampas de semillas (dos por claro) a una altura de 0,80 m sobre el nivel del suelo. El mismo diseño se realizó en 10 claros sin perchas artificiales, y en 10 sitios del interior del bosque.

<sup>1</sup>postes de madera en forma de T de 4 m de altura, con una transversal de 2 m de largo, colocadas en el centro del claro

### ***Estructura y composición de la vegetación***

Se realizó un censo de especies arbóreas mayores a 5 cm de DAP (radio de 5 m). La regeneración natural se evaluó en subparcelas más pequeñas de brinzales<sup>2</sup> (2 m<sup>2</sup>) y latizales<sup>3</sup> (15 m<sup>2</sup>). Se evaluaron las condiciones de iluminación mediante dos métodos: 1) Utilizando Escala de iluminación de Dawkins, modificada por Clark y Clark (Hutchinson 1993). 2) Tomando fotografías digitales para estimar la cobertura de canopia (proporción de cielo cubierto) mediante el programa Scion Image 4.0.

### ***Estimación de la lluvia de semillas***

Para estimar la diversidad, abundancia y riqueza de semillas que llegan a los claros y al interior del bosque se utilizaron trampas de semillas<sup>4</sup>. El material de las trampas se colectó cada 15 días; durante 6 meses (Julio-Diciembre). Las semillas presentes en las trampas fueron identificadas a nivel de especie o morfoespecie utilizando guías de reconocimiento<sup>5</sup>

### ***Elaboración de esquemas de costos de diferentes técnicas de recuperación***

Se realizó una evaluación de los costos en pesos por hectárea (\$/ha) mediante la elaboración de esquemas de costos para la *instalación* de perchas artificiales<sup>6</sup>, perchas naturales<sup>7</sup> y la realización de enriquecimiento en bosquetes<sup>8</sup>. Los costos se dividieron en mano de obra y actividades necesarias para cada tipo de alternativa post-cosecha.

<sup>2</sup>individuos entre 30 cm de altura a 2,99 m de altura. <sup>3</sup>individuos de más de 2,99 m de altura con DAP menor o igual a 4,99 cm. <sup>4</sup>estructura de 1,2 m x 1,2 m, con una malla plástica de entramado fino que evite las condiciones de proliferación de hongos u otros patógenos, Ingle 2003. <sup>5</sup>Delprete *et al.* 2005; Legname 1982; Darwiniana 1981; Smith y Robinson 1971; Digilio y Legname 1966; Fabris 1965; Sparre 1950; Lilloa 1943; Royal Botanic Garden, Instituto de Botánica Darwinion), y por comparación con frutos y semillas recolectados a campo y consultas a especialistas (Ing. Alicia Bohren de la FCF, UNaM; Dr. Mariano Sánchez, Instituto Miguel Lillo, UNT. <sup>6</sup>Involucra las actividades que se necesitaría realizar para la instalación de perchas artificiales: fabricación de las mismas con motosierra y utilizando un fuste de al menos 4,5 m. <sup>7</sup>Plantea reemplazar esa percha artificial, por la búsqueda de una percha natural del ambiente circundante al claro, cortarlo y trasladarlo al centro del claro (también puede ser un residuo de la cosecha, minimiza aún más los costos). <sup>8</sup>Se procede a limpiar una superficie determinada, corta del material no comercial con motosierra (0,4 ha/día por persona), limpieza del material grueso con Skiders, formación de escolleras (5 ha/jornal), el flete de plantas desde la Ciudad hasta la Finca (flete unitario), plantación (menos de 200 plantas/jornal por día en macetas (en la región no se realizan plantas en tubete). En todos los casos se tomaron los costos de las actividades incluyendo los peones necesarios según el rendimiento por actividad y un capataz.



## **Análisis de datos**

El análisis estadístico de los efectos de la tala selectiva y mediante los tratamientos (claro con percha artificial, claro sin percha artificial e interior del bosque) en la estructura y composición de: la lluvia de semillas dispersadas y de la vegetación se efectuó mediante análisis de varianza de un factor (ANOVA) completamente aleatorizado. Previo al ANOVA se realizaron pruebas de validación de supuestos de normalidad, utilizando el test de Kolmogoroff-Smirnoff para la bondad de ajuste de los modelos estadísticos. En caso de no cumplir con los supuestos se procedió a buscar variables transformadas que verifican el cumplimiento de los mismos, si aún así no se logró el cumplimiento se procedió a utilizar análisis no paramétrico a través de Kruskal Wallis (ANOVA no paramétrico). En todos los casos, en las tablas de resultados se muestran los valores de las medias para los ANOVA de una vía, y los valores de las medianas en el caso de Kruskal-Wallis (no paramétrico). En primera instancia los análisis tienen como objetivo demostrar que no existen diferencias significativas entre los claros con y sin percha artificial, y posteriormente se procede a analizar las comparaciones entre claros e interior del bosque. En estructura y composición arbórea, las variables de estructura analizadas fueron: área basal<sup>9</sup>, cobertura<sup>10</sup> e índice de iluminación de Dawkins<sup>11</sup>, y de la composición: diversidad<sup>12</sup>, riqueza<sup>13</sup>, abundancia absoluta total<sup>14</sup> y abundancia absoluta de las cinco especies más abundantes. En el caso de la regeneración, se analizó riqueza<sup>13</sup>, diversidad<sup>12</sup> y abundancia total de brinzales y latizales<sup>14</sup>. Para comparar el efecto de las perchas en la llegada de semillas a los claros, se analizaron estadísticamente la riqueza<sup>13</sup>, diversidad<sup>12</sup>, abundancia total y abundancia de las siete especies de semillas más abundantes dispersadas por zoocoria entre claros con y sin percha y de las siete especies más abundantes dispersadas por anemocoria<sup>14</sup>.

<sup>9</sup> en (m<sup>2</sup>/réplica); <sup>10</sup> mediante (% de cobertura de copas); <sup>11</sup> en (escala/réplica); <sup>12</sup> mediante (índice de Shannon-Wiener); <sup>13</sup> en (especies/réplica); <sup>14</sup> en (individuos/réplica).

## **Resultados**

### ***Estructura y composición florística de los claros y el interior del bosque***

Se registró un total de 59 especies arbóreas en el área de estudio, correspondientes a 26 familias. 39 especies se encontraron en el interior del bosque y 53 en los claros. En número de familias taxonómicas fue de 25 en claros y 19 en el interior del bosque. Las familias con mayor número de especies fueron las Fabaceae y Myrtaceae. Las especies más abundantes en el interior del bosque fueron *Ocotea puberula*, *Coccoloba tiliacea* e *Inga sp.* y *Myrcianthes pungens*, *Anadenanthera colubrina* y *Coccoloba tiliacea* en los claros generados por tala selectiva.

Los claros con y sin percha artificial son similares entre sí en todos los parámetros de vegetación analizados. Los claros generados por la tala selectiva y el interior del bosque son similares entre sí en las variables analizadas excepto en cuanto a la abundancia absoluta de *Ocotea puberula* y *Anadenanthera colubrina*, la cobertura de copas e iluminación.

**Tabla 1: Resultados de la comparación de las variables de estructura y composición de la vegetación arbórea entre: claros con y sin percha artificial; y entre claros e interior de bosque en la selva de Yungas de Salta, Argentina.**

**Table 1: Vegetation structure and composition comparison between gaps with and without artificial perch and between gaps and interior forest in the mountain rain forest of Salta Province, Argentina**

Vegetación Arbórea		Claros con percha artificial	Claros sin percha artificial	F* ó H**	p-valor	CLAROS	BOSQUE	F*	p-valor
Estructura	AREA BASAL <sup>1</sup>	1,435	1,509	0,464 (F)	0,955	1,472	1,414	0,043	0,837
	COBERTURA <sup>2</sup>	44,599	44,709	0,000 (F)	0,987	44,654	69,300	18,323	< 0,001
	ILUMINACIÓN <sup>3</sup>	5	6	0,251 (H)	0,616	16	0	18,9882	< 0,001
Composición	DIVERSIDAD <sup>4</sup>	2,277	2,153	1,449 (F)	0,252	2,215	1,986	2,418	0,131
	RIQUEZA <sup>5</sup>	13,400	12,200	0,916 (F)	0,412	12,800	11,000	1,403	0,246
	ABUNDANCIA <sup>6</sup>	39,900	37,300	0,350 (F)	0,707	38,600	33,700	0,598	0,446
Abundancia <sup>6</sup>	<i>M. pungens</i>	4,400	4,500	0,003 (F)	0,958	4,450	2,500	1,813	0,189
	<i>O. puberula</i>	7,000	5,000	0,262 (H)	0,608	12,000	3,000	6,621	0,010
	<i>C. tiliacea</i>	9,000	8,000	0,236 (H)	0,627	17,000	7,000	0,833	0,361
	<i>Inga sp.</i>	6,000	7,000	0,031 (H)	0,859	13,000	4,000	1,148	0,284
	<i>A. colubrina</i>	6,000	6,000	0,218 (H)	0,640	7	8	4,222	0,040

\*ANOVA de una vía, \*\*ANOVA Kruskal Wallis, <sup>1</sup>(m<sup>2</sup>/réplica), <sup>2</sup>(% de cobertura/réplica), <sup>3</sup>(escala/réplica), <sup>4</sup>(Índice de Shannon-Wiener), <sup>5</sup>(especies/réplica), <sup>6</sup>(individuos/réplica).

En cuanto a la regeneración se registró un total de 40 especies arbóreas, correspondientes a 22 familias, 23 especies en el interior del bosque y 37 en los claros. Las familias con mayor número de especies fueron Myrtaceae y Lauraceae. Las especies más abundantes fueron *Myrcianthes pungens* y *Ocotea puberula*, en claros e interior de bosque. Los claros con percha artificial y sin percha artificial fueron similares entre sí en cuanto a diversidad de brinzales, riqueza de brinzales y latizales, y abundancia de latizales; y son diferentes entre sí en cuanto a abundancia de brinzales y diversidad de latizales. En el caso del análisis entre claros e interior del bosque se encontró que son similares en todas las variables analizadas.

**Tabla 2: Resultados de la comparación de las variables de composición de la regeneración analizada entre claros con y sin percha artificial; y entre claros e interior del bosque en la selva de Yungas de Salta, Argentina.**

**Table 2: Regeneration composition variables comparison between gaps with and without artificial perch; and between gaps and interior forest in the mountain forest of Yungas of Salta province in Argentina.**

Composición de la Regeneración		Claros con percha artificial	Claros sin percha artificial	F* ó H**	p-valor	CLAROS	BOSQUE	F*	p-valor
Brinzales	DIVERSIDAD <sup>4</sup>	0,828	0,673	0,214 (F)	0,809	0,751	0,658	0,141	0,710
	RIQUEZA <sup>5</sup>	6,100	5,800	0,726 (F)	0,493	6,100	5,800	0,726	0,493
	ABUNDANCIA <sup>6</sup>	27,700	13,500	3,731 (F)	0,037	20,600	17,000	0,487	0,491
Latizales	RIQUEZA <sup>5</sup>	2,889	2,222	0,867 (F)	0,436	2,556	1,750	0,900	0,354
	ABUNDANCIA <sup>6</sup>	4,778	3,222	2,618 (F)	0,099	4,000	2,250	2,311	0,144
	DIVERSIDAD <sup>4</sup>	3,000	8,000	4,688 (H)	0,030	11,000	3,000	0,022	0,882

\*ANOVA de una vía, \*\*ANOVA Kruskal Wallis, <sup>4</sup>(Índice de Shannon-Wiener), <sup>5</sup>(especies/réplica), <sup>6</sup>(individuos/réplica).

## Lluvia de semilla

Se encontraron un total de 40 especies/morfoespecies en las trampas de semillas, 39 en los claros y 29 en el interior del bosque. Del total 19 fueron dispersadas por zoocoria, y 21 por anemocoria. Las más abundantes dispersadas por zoocoria fueron: SN5, *Ipomoea-Dioscorea* y, *Celtis iguanaea*, y por anemocoria SN9 y *Pogonopus tubulosus* y *Anchietea pyrifolia*.

En cuanto a la dispersión por zoocoria se encontraron 12 especies en los claros con percha artificial, y 8 en los claros sin percha artificial. Los claros con y sin percha artificial son similares en cuanto a abundancia total de semillas dispersadas, la abundancia de las 7 especies más comunes y la riqueza de semillas y diferentes en cuanto a la diversidad de semillas dispersadas y, la abundancia de *Celtis iguanaea*.

**Tabla 3: Resultados de la comparación de las variables de composición y de la abundancia de 7 especies de la dispersión zocórica entre claros con y sin percha artificial en la selva de Yungas de la provincia de Salta, Argentina.**

**Table 3: Results from the comparison of abundance and composition of seven animal dispersed tress between gaps with and without artificial perch in the mountain Yungas Forest, Salta Argentina**

Dispersión zocórica		Claros con percha artificial	Claros sin percha artificial	H**	p-valor
Composición	DIVERSIDAD <sup>4</sup>	4,000	8,000	3,855	0,050
	RIQUEZA <sup>5</sup>	3,000	6,000	3,633	0,057
	ABUNDANCIA <sup>6</sup>	2,264	2,379	0,482	0,623
Abundancia <sup>6</sup>	<i>Celtis iguanaea</i>	6,000	10,000	4,684	<b>0,030</b>
	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	10,000	9,000	1,000	0,317
	<i>Pogonopus tubulosus</i>	10,000	9,000	1,000	0,317
	SN5	5,000	6,000	0,337	0,562
	<i>Citrus sp.</i>	9,000	10,000	1,000	0,317
	<i>Ipomoea-Dioscorea</i>	10,000	8,000	2,111	0,146
	<i>Myrcianthes mato</i>	10,000	9,000	1,000	0,317
	<i>Myrcianthes pungens</i>	8,000	10,000	2,111	0,146

\*\*ANOVA Kruskal Wallis, <sup>4</sup>(Índice de Shannon-Wiener), <sup>5</sup>(especies/réplica), <sup>6</sup>(individuos/réplica).

En la comparación de claros e interior del bosque, se encontraron un total de 17 especies dispersadas por anemocoria en el interior del bosque, y 21 en los claros. Las más abundantes: *Pogonopus tubulosus*, *Anchietea pyrifolia*, SN2, *Cedrela angustifolia* en los claros y SN9, *Diatenopterix sorbifolia*, *Anchietea pyrifolia*, *Cordia americana* en el interior del bosque. Se encontró que los claros generados por la tala selectiva y el interior del bosque son similares en cuanto a diversidad, abundancia total, abundancia de 6 especies y riqueza; y diferentes entre sí en cuanto a la abundancia de *Cordia americana* (ANEXO II. TABLA 4).

Tabla 4: Resultados de la comparación de las variables de composición y de la abundancia de 7 especies de la dispersión anemocórica analizadas en entre claros e interior del bosque.

Table 4: Comparison of the composition and the abundance of seven wind dispersed trees between gaps and interior forest in the mountain Yungas forest, Salta Argentina.

Dispersión (Anemocórica)		CLAROS	BOSQUE	F* ó H**	p-valor
Composición	DIVERSIDAD <sup>4</sup>	1,254	0,924	3,861 (F)	0,059
	RC ABUNDANCIA <sup>6</sup>	10,792	15,242	3,267 (F)	0,081
	RIQUEZA <sup>5</sup>	7,850	6,600	2,677 (F)	0,113
Abundancia <sup>6</sup>	<i>Cordia americana</i>	9,857	95,667	9,347 (F)	<b>0,016</b>
	<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	8,000	134,000	3,753 (F)	0,089
	SN2	27,778	33,000	0,065 (F)	0,802
	<i>Anchietea pyrifolia</i>	10,000	3,000	0,256 (H)	0,613
	<i>Cedrela angustifolia</i>	6,000	3,000	0,179 (H)	0,672
	<i>Pogonopus tubulosus</i>	0,000	1,000	0 (H)	1,000
	SN9	11,000	7,000	0,215 (H)	0,643

\*ANOVA de una vía, \*\*ANOVA Kruskal Wallis, <sup>4</sup>(Índice de Shannon-Wiener), <sup>5</sup>(especies/réplica), <sup>6</sup>(individuos/réplica).

### Esquemas de costos de diferentes técnicas de recuperación

En el caso de los métodos post-cosecha de perchas naturales y artificiales (14 Perchas/ha), se han considerado rendimientos de las actividades realizadas a campo para éste trabajo, y ajustando estos cuando fuera necesario. Para el caso de enriquecimiento la densidad de plantación considerada es de 1667 plantas/ha. Se observan jornales (UATRE, 2011. [Resolución](#) 71/11. Peones Generales \$/jornal 145,86. Capataces \$/mes 4.354,66) y monto por hectárea actualizados a Julio de 2013:

Tabla 5: Costos de instalación de perchas naturales.

Table 5: Costs of installing natural perch.

	Tarea	Jornales/ha	Monto (\$/ha)	Distribución (%)
<b>Mano de Obra</b>				
Capataz (Jornal + cargas sociales)	\$/jornal + cargas sociales pagadas por la empresa	0,25	434	61,99%
<b>Actividades (incluye Peón)</b>				
Preparación de Perchas Artificiales	Elección de percha	0,32	69	9,81%
Instalación	Limpieza Manual	0,10	21	3,07%
	Pozo (50cm)	0,42	90	12,88%
	Colocación	0,40	86	12,26%
<b>Total</b>		<b>1,5</b>	<b>699</b>	<b>100%</b>

**Tabla 6: Costo de instalación de perchas artificiales.**  
**Table 6: Costs of installing artificial perch.**

	Tarea	Jornales/ha	Monto (\$/ha)	Distribución (%)
<b>Mano de Obra</b>				
Capataz (Jornal + cargas sociales)	\$/jornal + cargas sociales pagadas por la empresa	0,38	631	44,97%
<b>Actividades (incluye Peón)</b>				
Preparación de Perchas Artificiales	Materia prima		307	21,89%
	Corte con motosierra	1,25	268	19,09%
Instalación	Limpieza Manual	0,10	21	1,53%
	Pozo (50cm)	0,42	90	6,41%
	Colocación	0,40	86	6,11%
<b>Total</b>		<b>2,2</b>	<b>1.404</b>	<b>100%</b>

**Tabla 7: Costos de enriquecimiento en bosquetes.**  
**Table 7: Enrichment costs**

	Tarea	Jornales/ha	Monto (\$/ha)	Distribución (%)
<b>Mano de Obra</b>				
Capataz (Jornal + cargas sociales)	\$/jornal + cargas sociales pagadas por la empresa		3026	30,89%
<b>Actividades (incluye Peón)</b>				
Flete de Plantas	-		400	4,08%
Preparación de terreno	Limpieza Manual/Mca	5	600	6,12%
	Limpieza Mecánica	0,2	180	1,84%
	Encuadre	0,2	36	0,36%
Plantación	Plantación	5	889	9,08%
	Plantas		4.667	47,63%
<b>Total</b>		<b>10,4</b>	<b>9.798</b>	<b>100%</b>

## Discusión

La tala selectiva realizada en la Finca Pintascayo ha tomado como base los principios y criterios del FSC e indicadores genéricos del programa Smart Wood. Varios de los criterios (la planificación del plan de manejo, las técnicas utilizadas y el control riguroso de las tareas por personal capacitado) buscan promover un buen mantenimiento de la masa boscosa y minimizar los daños causados a la vegetación remanente (Rainforest Alliance 2010). La baja intervención podría explicar las similitudes estructurales en la vegetación encontradas en este estudio entre los claros y el interior del bosque.

El uso de perchas artificiales para aumentar la dispersión zoocórica en los bosques bajo manejo de tala selectiva no ha sido previamente probado. Nuestros resultados demuestran que las perchas artificiales incrementa la diversidad de semillas dispersadas hacia los claros artificiales. En estudios previos en bosques tropicales degradados, se demuestra la eficacia del método siendo menor en los bordes del bosque que en áreas deforestadas ya que en los bordes las aves tiene la opción de utilizar perchas naturales y está demostrada la preferencia de este tipo de perchas por parte de ciertos gremios de especies (Hopper *et al.* 2005). La similitud en cuanto a la dispersión zoocórica de algunos de los parámetros evaluados (riqueza y abundancia) en los claros e interior del bosque podría estar explicado tanto por las semejanzas en la estructura y composición de ambos sitios, y que al mismo tiempo, que se encuentren muy próximos a perchas naturales. En los claros recientes la apertura del dosel incrementa la abundancia de artrópodos y frutos en el sotobosque lo que favorece su uso por parte de las aves que forrajean en estos estratos. Por otro lado esta apertura, tiene efectos negativos en ciertas especies de aves que se mueven en la parte alta del bosque (Zurita y Zuleta 2009).

Los esquemas de costos presentados aquí demuestran que la instalación de los métodos de perchas artificiales y naturales es inferior al costo de realizar un enriquecimiento. Además, es probable que el enriquecimiento realizado deba tener, cierto mantenimiento (reposición y limpieza) los primeros años, para asegurar un buen resultado mientras que las perchas pueden ser usadas por aves y murciélagos sin necesidad de cebos o mantenimiento. El costo de los plantines en esta región es muy superior a la de otras regiones. Esto sumado al costo elevado del transporte de las plantas tiene gran influencia en los costos totales del método post-cosecha.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Los presentes resultados se limitan al período inmediatamente posterior a las alteraciones causadas por la tala selectiva y se centran en especies dispersadas desde mediados de julio a mediados de diciembre. Se considera que el método de las perchas artificiales demuestra un aspecto positivo como técnica de manejo post-cosecha para la recuperación ecológica de claros al incrementar la diversidad de semillas que llegan a los claros generados por tala selectiva. Además puede ser aplicado por los productores locales ya que las actividades que demanda pueden ser realizadas con gran facilidad, sin necesidad de maquinaria y a un costo inferior al de enriquecimiento en bosquetes. Sin embargo, es importante extender los estudios para evaluar las etapas de las semillas post-dispersión, ya que la germinación y establecimiento de las mismas puede ser una importante limitación en la eficiencia de esta técnica. Además, sería de importancia evaluar el método en otros períodos, ya que muchas especies vegetales fructifican y diseminan en aquellos períodos no considerados en este trabajo.

Los claros generados por la tala selectiva no presentan diferencias con el interior del bosque en cuanto a los parámetros de composición y estructura evaluados, lo cual mostraría que el impacto producido sea el perseguido por el método de tala selectiva de mínimo impacto de todos modos se recomienda realizar estudios de más largo plazo ya que los parámetros evaluados pueden variar transcurrido un cierto tiempo.

## Agradecimientos

A la Empresa GMF Latinoamericana quien nos permitió la realización de éste trabajo en la finca, Ing. Ftal. José E. González, por colaborar en varias etapas de éste trabajo y los operarios Raúl, Benancio y Gabriel por su colaboración durante el trabajo a campo. Al Dr. Mariano Sánchez, Dr. Pedro Blendinger; Ing. Ftal. Alicia V. Bohren, la Lic. Natalia I. Vespa por su predisposición y colaboración en la identificación de las semillas y el trabajo de laboratorio.

## Bibliografía

- BLENDINGER P. G.; GIANNINI N. P. 2010. Ecología de una interface natural – urbana. La sierra San Javier y el Gran San Miguel de Tucumán. Interacciones planta-animal en la sierra San Javier. Pp 93-117. Editorial EDUNT, Tucumán.
- CABRERA, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería.
- DARWINIANA, 1981. Instituto de botánica. Tomo 23 N° 2-4.
- DIGILIO A. P.; LEGNAME P. R. 1966. Los Arboles Indígenas de la Provincia de Tucumán. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto Miguel Lillo. OPERA LILLOANA XXXIV
- EIAA. 2009. Estudio de impacto ambiental acumulativo de los procesos de tala y desmonte. Departamentos de Rivadavia, San Martín, Orán y Santa Victoria. Consultado 19/01/2012. URL: <http://www.prograno.org/site/wp-content/uploads/2011/05/EIAA-Salta-2009.pdf>
- HOOPER, E., LEGENDRE P. y CONDIT. R. 2005. Barriers to forest regeneration and of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of Applied Ecological* **42**:1165–1174
- Instituto de Botánica Darwinion. Flora del Conosur, 1997-2011. Consultas Septiembre a Diciembre de 2011. URL: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>
- LEGNAME, P. R. 1982. Arboles Indígenas del Noroeste argentino. Ministerio de Cultura y Educación. Fundación Miguel Lillo. OPERA LILLOANA XV. p 226.
- LICONA, J.C. 2007. Composición florística, estructura y dinámica de un bosque amazónico aprovechado a diferentes intensidades en Pando, Bolivia. Editorial BOLFOR II, IBIF. Bolivia, P 49.
- LILLOA, 1943. Instituto de botánica. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto Miguel Lillo. Tucumán. Tomo IX.
- LOMASCOLO, T.; BROWN, A.D.; MALIZIA, L. R. 2010. Reserva de Biósfera de las Yungas. Fundación ProYungas. Ediciones del Subtrópico, p 168
- RAINFOREST ALLIANCE, 2007. Estandares interinos de Rainforest Alliance/SmartWood para evaluaciones de manejo forestal en Argentina. Código de documento SW: FM-32-Argentina.
- Royal Botanic Gardens, Kew. Consulta Septiembre a Diciembre de 2011. URL: <http://www.apps.kew.org/herbcat/navigator.do>
- Servicio Meteorológico Nacional. Estación Meteorológica Orán, Estadísticas Climatológicas Periodo 1991-2000, Bs.As., 2003. Consultado 02/11/2010. URL: <http://www.fvsa.org.ar/situacionambiental/navegador.html>
- SWAINE, M.D., y WHITMORE, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Plant Ecology* **75**:81-86.
- UATRE, 2011. Unión argentina de trabajadores rurales y estibadores. Resolución 71/11. Consultado 02/07/20. URL: <http://www.uatre.org.ar/salario.htm>
- WANG, B. C., and SMITH. T. B. 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution* **17**: 379-385
- ZURITA, G.A. y ZULETA, G.A. 2009. Bird use of logging gaps in a subtropical mountain forest: the influence of habitat structure and resources abundance in the Yungas of Argentina. *Forest Ecology and Management* **257**: 271–279.

**INCREMENTO EN LA COBERTURA DE ESPECIES EXÓTICAS DEL SOTO-  
BOSQUE DEBIDO A INCENDIOS EN BOSQUES MANEJADOS DE *Nothofagus*  
*antarctica* (Forster f.) Oersted**

**ANTROPIC FIRES PROMOTES THE INCREASE OF ALIEN SPECIES COVER  
IN THE UNDERSTORY OF *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted FORESTS  
UNDER MANAGEMENT**

**Soler, Rosina<sup>1\*</sup>; Lencinas, MV<sup>1</sup>; Barrera, M<sup>2</sup>; Kreps, G<sup>1</sup>; Cellini, JM<sup>2</sup>; Martínez Pastur, G<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Lab. de Recursos Agroforestales, Centro Austral de Investigaciones Científicas. Houssay 200, (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego (Argentina). Tel. 02901-422310 int. 164. Email: [rosinas@cadic-conicet.gob.ar](mailto:rosinas@cadic-conicet.gob.ar)

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigaciones de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA-UNLP). Diagonal 113 n° 469 (B1904DPS) La Plata, Buenos Aires, Argentina.

**Resumen**

Se analizó la respuesta temprana del sotobosque de *Nothofagus antarctica* (ñire) luego de un incendio, particularmente, la potencialidad de invasión por parte de especies exóticas. Se establecieron transectas permanentes (n=6 por sitio) de 10 m de longitud antes (2008) y después del fuego (2009 a 2014) en bosques maduros con manejo silvopastoril. Se evaluó la riqueza y cobertura de especies con el método de intersección puntual y se analizaron los datos mediante ANOVAs de medidas repetidas. La composición del sotobosque de *N. antarctica* se modificó debido a: (a) el aumento de la cobertura de hierbas y pastos exóticos, (b) el ingreso de especies exóticas nuevas ausentes en la situación pre-incendio, (c) la menor cobertura de algunas especies de hierbas nativas, d) el ingreso de especies nativas de Tierra del Fuego, pero no propias del bosque y que estaban ausentes en la situación pre-incendio.

**Palabras clave:** ensamble de especies, riqueza, cobertura, bosque nativo, Tierra del Fuego.

**Summary**

We examined the early response of *Nothofagus antarctica* (ñire) understory after a fire, including the potential for invasion by exotic species. Permanent transects (n =6 per site) 10m length were surveyed before (2008) and after fire (2009 to 2014). In each transect, vegetation (species richness and cover) was recorded at by the point-intercept method. Data were analyzed using repeated measures ANOVAs. The composition of *N. antarctica* understory was significantly modified from: (a) increasing the coverage of alien species of herbs and grasses, (b) the income of new alien species that were absent in the pre-fire situation, (c) the lowest coverage of some native species of herbs, (d) the income of native species of Tierra del Fuego, which are typical from other habitat types (e.g., grasslands), and which were absent in the pre-fire situation.

**Key words:** native forest, plant assemblage, species cover, species richness, Tierra del Fuego.

**Introducción**



Los incendios forestales no solo destruyen la vegetación original, sino que también afectan las condiciones ambientales (ej., fertilidad del suelo, disponibilidad de nutrientes, contenido de materia orgánica, humedad) que determinarán la recuperación de las especies vegetales (Varela *et al.* 2006). Dicha recuperación post-incendio depende en gran medida de la intensidad del incendio, del tamaño y composición del banco de semillas, de la capacidad de rebrote de las especies vegetales y de las condiciones ambientales que permitan la expresión de las mismas luego del impacto (Kozlowski 2002).

La estructura y dinámica de los bosques de *Nothofagus* de Sudamérica está asociada a disturbios naturales periódicos, tales como volteos por viento o deslizamientos (Veblen *et al.* 1981). Sin embargo, los incendios naturales (ej., originados por rayos) en Patagonia son mínimos e inexistentes en Patagonia Sur, por lo que no generan una influencia selectiva importante sobre las comunidades vegetales (Holz *et al.* 2012). En particular, en Tierra del Fuego, los disturbios por incendios se presentan como eventos esporádicos y de origen antrópico (intencionales o accidentales), que en los últimos años han presentado una mayor frecuencia (Pereslindo *et al.* 2012). Esto significa que no representan una fuente natural de disturbio para el bosque nativo, y por ende no existe una dinámica natural de estos ecosistemas asociada al fuego.

En los bosques de *Nothofagus* de Patagonia Norte, la recuperación post-fuego de las especies vegetales nativas del sotobosque es muy lenta, y las especies invasoras que ingresan al nuevo ensamble de plantas juegan un rol determinante en la futura composición del sotobosque (Gobbi *et al.* 1995; Kitzberger *et al.* 2005). A su vez, en Patagonia Sur las prácticas agroforestales (ej., extracción de madera, uso silvopastoril) al remover parte de la cobertura del dosel y modificar factores microclimáticos como la intensidad de la radiación solar (Martínez Pastur *et al.* 2011, Promis *et al.* 2010), también generan cambios en la composición de especies del sotobosque y facilita el ingreso de especies no propias del bosque nativo (Martínez Pastur *et al.* 2002; Lencinas *et al.* 2011; Soler 2012). Pero en este caso, algunas especies nativas del sotobosque original se mantienen presentes luego de las intervenciones y aumentan su cobertura, facilitando la recuperación del sistema a futuro (Lencinas *et al.* 2011). El impacto del incendio, en cambio, podría conducir a un mayor reemplazo de especies. El objetivo de este trabajo fue analizar los cambios en la cobertura de especies nativas y exóticas del sotobosque debido a incendios en bosques manejados de *Nothofagus antarctica*. A través del mismo, se intentan responder las siguientes preguntas: (i) se modifica la riqueza y cobertura de las especies exóticas presentes en los bosques manejados al producirse un incendio?, (ii) los incendios facilitan el ingreso de las nuevas especies exóticas al bosque impactado?, (iii) los incendios provocan la desaparición de especies nativas?, y (iv) los incendios provocan cambios en el ensamble de las especies permitiendo el ingreso de nuevas especies nativas desde los ambientes asociados?

## **Materiales y métodos**

Este estudio se llevó a cabo en dos bosques maduros (2-3 Ha cada uno) de *N. antarctica* dentro de Ea. Los Cerros (54°20'S y 67°52'O), Tierra del Fuego (Argentina). Estos sitios pertenecen a una red de parcelas permanentes (muestreos a largo plazo) que fueron instalados en 2008 para realizar estudios de vegetación (situación pre-incendio). Los bosques se encontraban en fase de crecimiento avanzada (envejecimiento-desmoronamiento) con edades entre 130-180 años, altura dominante de 12 m, 40-47 cm de D.A.P. y 55-60% de cobertura de copas. Dichos sitios habían sido intervenidos mediante cortas selectivas y raleos hace aproximadamente una década, con fines de uso silvopastoril.

En diciembre 2008 ocurrió un incendio que quemó dichos sitios por completo, quedando muchos de los árboles muertos en pie. Los muestreos de vegetación continuaron

durante los sucesivos años hasta el presente (2009-2014 situación post-incendio). Previo al incendio, se habían establecido transectas permanentes (n = 6 por sitio), de 10 m de longitud, ubicadas de a pares en forma paralela y con una distancia de 5 m entre sí. Sobre cada transecta, se registró la vegetación a intervalos de 20 cm (50 puntos de muestreo por transecta) siguiendo el método de intersección puntual (Brancaleoni *et al.* 2003).

Las plantas vasculares fueron clasificadas taxonómicamente, diferenciando entre especies nativas o exóticas, dicotiledóneas (hierbas) o monocotiledóneas (pastos). Luego, se calculó la riqueza por parcela y la cobertura vegetal para cada especie vegetal y por grupos (hierbas, pastos, nativas y exóticas). Los datos fueron analizados mediante ANOVAs de medidas repetidas, considerando los años pre- y post-fuego (2008 al 2014) como principal factor de análisis. Luego, se aplicó test post-hoc de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la comparación entre las medias de cada año.

## Resultados y Discusión

Se identificaron 44 especies, de las cuales 29 fueron dicotiledóneas (hierbas), 14 monocotiledóneas (pastos) y 1 helecho. Aproximadamente un 75% de las especies registradas fueron nativas (20 hierbas, 12 pastos y 1 helecho), mientras que el 25% restante fueron especies exóticas (9 hierbas y 2 pastos). Estos valores son similares a los reportados por Soler (2012) y Gallo *et al.* (2004), pero menor que los descritos por Quinteros *et al.* (2010) en bosques de ñire de Chubut. Sin embargo, en todos los estudios tanto la riqueza como la abundancia varían de acuerdo a la cobertura del dosel y sus alteraciones. En la situación pre-incendio, dentro de las especies más comunes registradas en el sotobosque de ñire ( $\geq 2\%$  de cobertura relativa) se encontraron a *Acaena ovalifolia*, *Blechnum pennamarina*, *Cotula scariosa*, *Festuca magellanica*, *Galium aparine*, *Osmorhiza depauperata*, *Phleum alpinum* y *Uncinia lechleriana*.

La riqueza de especies se vio fuertemente afectada por el efecto del fuego (Tabla 1). La riqueza total, de nativas y exóticas disminuyó inmediatamente después del fuego, volviendo a incrementarse con los sucesivos años hasta alcanzar en la actualidad (5 años desde el incendio) valores similares a los iniciales. La diferencia fue que las especies nativas alcanzaron valores similares a los iniciales, pero el número de especies exóticas se triplicó. Además de las ya existentes, hierbas como *Capsella bursa-pastoris*, *Sagina procumbens*, *Senecio vulgaris* y *Veronica serpyllifolia* ausentes antes del fuego, aparecieron 2 años después.

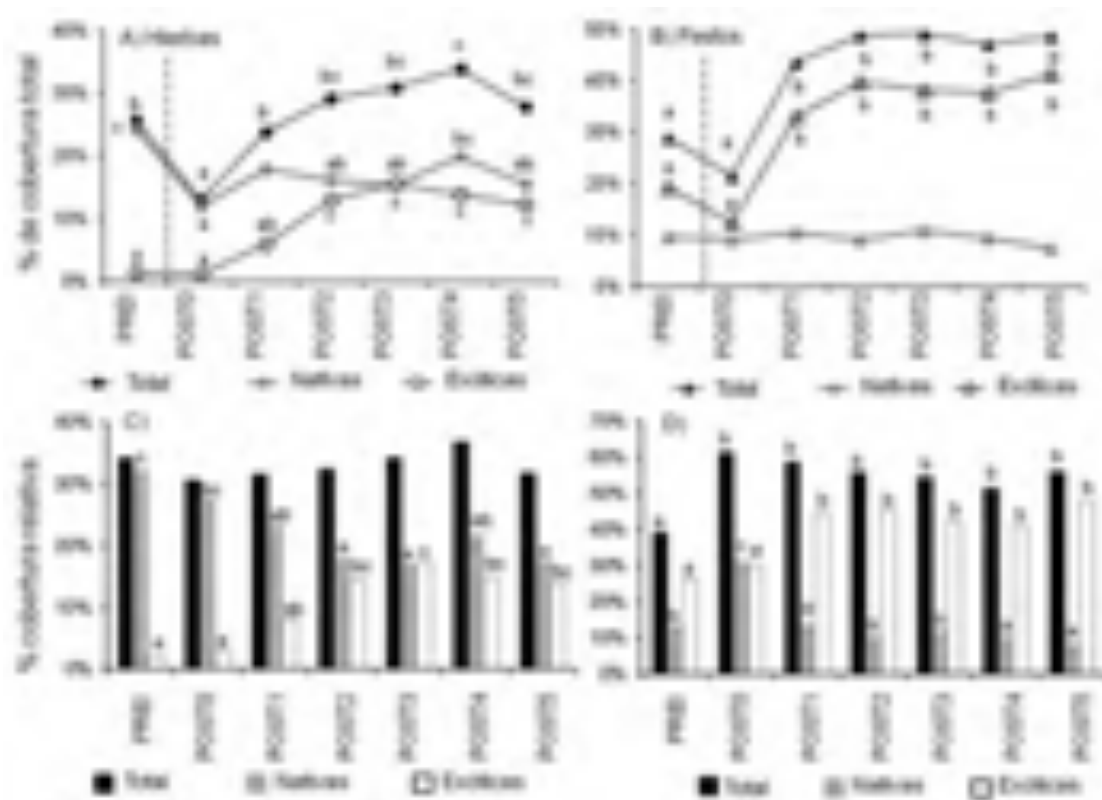
**Tabla 1: Riqueza y cobertura total de especies nativas y exóticas del sotobosque de *N. antarctica*. PREI= pre-incendio (2008), POST= de 0 a 5 años posterior al incendio (2009 a 2014). Letras en cada columna indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ ) entre años de acuerdo a ANOVAs de medidas repetidas.**

**Table 1: Species richness and total cover of native and alien species in the understory of *N. antarctica*. PREI= pre-fire (2008) POST= 0 to 5 years after fire (2009-2014). Letters in each column indicate significant differences (Tukey  $p < 0.05$ ) between years according repeated measures ANOVAs.**

Tiempo	R Total	R Nativas	R Exóticas	C Nativas	C Exóticas
PREI	11,8 b	9,9 bc	1,9 ab	53,1 c	20,8 b
POST0	7,3 a	5,9 a	1,4 a	23,6 a	13,5 a
POST1	12,7 bc	9,5 bc	3,2 bc	34,7 b	39,0 c
POST2	13,3 bc	9,2 bc	4,2 cde	31,8 ab	52,7 d
POST3	15,5 c	10,7 c	4,8 de	33,0 b	53,8 d
POST4	15,5 c	10,6 c	4,9 e	34,7 b	51,5 d
POST5	11,5 b	8,0 ab	3,5 cd	28,6 ab	53,6 d
F (p)	17,1 (<0,001)	10,1 (<0,001)	19,2 (<0,001)	23,2 (<0,001)	62,2 (<0,001)

En relación a la cobertura vegetal, se detectaron diferencias significativas para los diferentes grupos (**Tabla 1**). La mayor cobertura de especies nativas totales fue mayor en la situación previa al incendio, mientras que la cobertura de especies exóticas totales, si bien se vio afectada por el incendio, se incrementó significativamente en los años subsiguientes hasta alcanzar los mayores valores en la actualidad (**Tabla 1**).

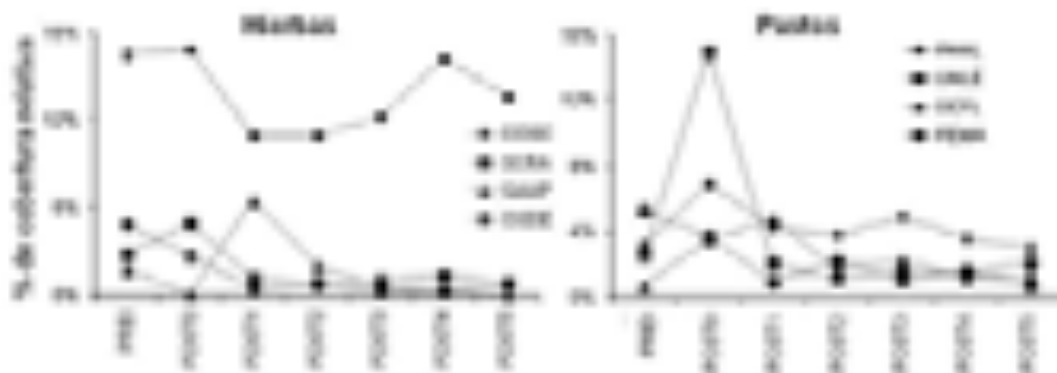
Tanto los grupos de hierbas (dicotiledóneas) como los pastos (monocotiledóneas), sufrieron reducción en su cobertura debido al incendio (**Gráfico 1A y B**). Luego, las hierbas exóticas, aunque estaban presentes antes del incendio en baja cobertura (1,5%), alcanzaron la misma proporción (15%) que las hierbas nativas en los últimos años (17%). Mientras tanto, la cobertura de pastos exóticos se incrementó significativamente (de 19% a 40%), en contraposición a los pastos nativos que se mantuvieron en la misma cobertura (**Gráfico 1B**). Al analizar la cobertura relativa, se observó que la participación de las especies exóticas se incrementó significativamente en ambos grupos (**Gráfico 1C y D**). Esto podría relacionarse a los cambios en el microclima (ej., radiación solar, temperatura, humedad del suelo) y que se producen luego de la eliminación de la cobertura de copas, favoreciendo el ingreso y establecimiento de especies propias de ambientes asociados a los bosques de *Nothofagus* como pastizales, turbales o bordes bosque-pastizal (Lencinas *et al.* 2011). Pero no se trata solo de especies exóticas, sino que algunas hierbas nativas como *Epilobium australe*, *Gentianella magellanica* y *Leucanthemum vulgare* ausentes en 2008 también aparecieron en los muestreos post-incendio pero en 2012 y 2014.



**Gráfico 1:** Cobertura A) total de hierbas (dicotiledóneas) y B) pastos (monocotiledóneas), C) cobertura relativa de hierbas, y D) pastos, en el sotobosque de *N. antarctica* diferenciando entre especies nativas y exóticas. Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ ) entre años de acuerdo a ANOVAs de medidas repetidas.

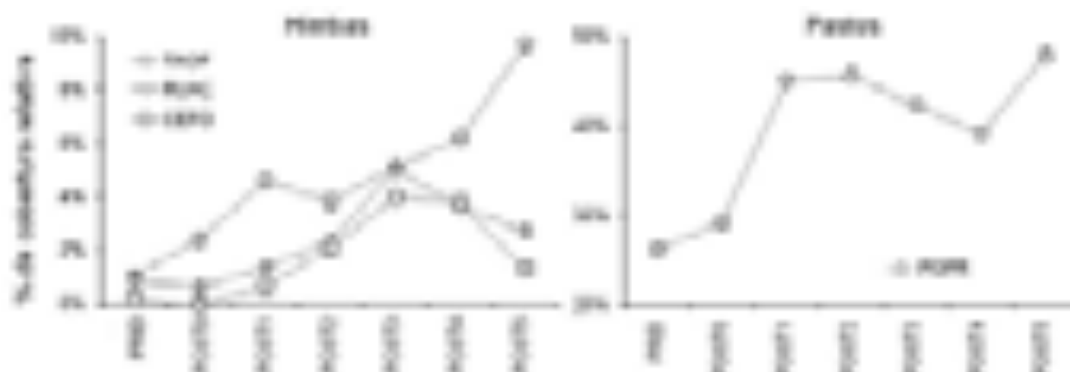
**Gráfico 1:** Cover of A) herbs (dicots) and B) grasses (monocots), C) relative cover of herbs, and D) grasses. Different letters indicate significant differences (Tukey  $p < 0.05$ ) between years according repeated measures ANOVAs.

La disminución significativa de la cobertura de hierbas nativas está determinada por algunas especies importantes del sotobosque, como por ejemplo *Osmorhiza depauperata* y *Acaena ovalifolia* (**Gráfico 2**), las cuáles redujeron fuertemente luego del incendio y no alcanzaron a recuperar los niveles originales de 2008. Por otro lado, las coberturas relativas de algunas especies de pastos nativos como *Festuca magellanica*, *Uncinia lechleriana* y *Deschampsia flexuosa*, se vieron favorecidas inmediatamente después del incendio (2009), aunque años más tarde disminuyeron hasta valores similares al inicial.



**Gráfico 2:** Variación en la cobertura de las hierbas (dicotiledóneas) y pastos (monocotiledóneas) nativos con una frecuencia de ocurrencia >50% en los muestreos. COSC= *Cotula scariosa*, SCRA= *Schizeilema ranunculus*, GAAP= *Galium aparine*, OSDE= *Osmorhiza depauperata*, PHAL= *Phleum alpinum*, UNLE= *Uncinia lechleriana*, DEFL= *Deschampsia flexuosa*, FEMA= *Festuca magellanica*.  
Graphic 1: Cover variation of native species of herbs (Dicots) and grasses (Monocots), with >50% occurrence frequency during surveys.

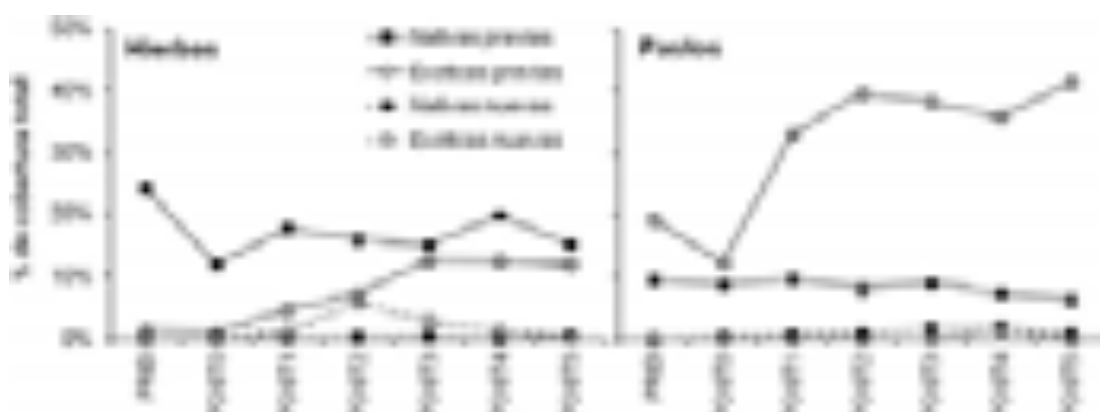
Por el contrario, las hierbas exóticas más importantes como *Rumex acetosella* y *Taraxacum officinale* aumentaron considerablemente luego del incendio (**Gráfico 3**), pasando de un 1,3% y 0,5% respectivamente, a un 5% de cobertura relativa de ambas especies. Asimismo, el fuerte incremento en la cobertura de pastos exóticos fue determinado casi exclusivamente por *Poa pratensis* que pasó de tener 24% a un 45% de cobertura relativa en el sotobosque (**Gráfico 3**). La otra especie de pasto exótico fue *Poa annua* que no estaba presente en el sotobosque original y apareció luego del incendio.



**Gráfico 3:** Variación en la cobertura de hierbas (dicotiledóneas) y pastos (monocotiledóneas) exóticas con una frecuencia de ocurrencia >50% en los muestreos. TAOF= *Taraxacum officinale*, RUAC= *Rumex acetosella*, CEFO= *Cerastium fontanum*, POPR= *Poa pratensis*.  
Graphic 3: Coverage variation of alien species of herbs (Dicots) and grasses (Monocots), with >50% occurrence frequency during surveys.

Entre las especies exóticas, la mayoría de las observadas (ej., *Cerastium fontanum*, *R. acetosella*, *T. officinale*) corresponden a especies introducidas desde Europa, que se encuentran actualmente naturalizadas y crecen en ambientes con y sin disturbios (Moore 1983), gracias a su habilidad para dispersarse y aclimatarse. Otras especies exóticas menos frecuentes (ej., *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*) suelen dominar en suelos disturbados, tales como los producidos por efecto del ganado (Roig 1998). Algunos pastos (ej., *P. annua*) suelen ser incorporados por los propietarios de las estancias, para mejorar el pastizal natural que alimentan al ganado, y luego al dispersarse es posible encontrarlas dentro del bosque. Probablemente, la presencia de ganado vacuno juega un rol importante en la dispersión de estas especies (Gobbi *et al.* 1995), considerando que dentro de esta estancia el uso silvopastoril de los bosques de ñire es muy común.

Finalmente, fue posible observar que las hierbas nativas que estaban presentes antes del incendio mantienen su nivel de cobertura total, mientras que las hierbas exóticas antes presentes aumentaron e igualaron a las nativas (**Gráfico 4**). También se observó que si bien hubo un ingreso de especies nativas y exóticas nuevas posiblemente desde otros ambientes asociados (ej., pastizales, turbales) (Lencinas *et al.* 2011), dichas coberturas fueron muy bajas (0,5-5%). Asimismo, la cobertura de pastos nativos presentes desde antes del incendio (10%) se mantuvo en valores similares (7-9%), mientras que los pastos exóticos aumentaron hasta alcanzar valores cuatro veces mayores (de 19% a 41%) que las nativas (**Gráfico 4**). Si bien se registraron el ingreso de varias especies nativas y sólo una exótica nueva, dichas coberturas fueron muy bajas (1-2%).



**Gráfico 4:** Coberturas de hierbas (dicotiledóneas) y pastos (monocotiledóneas) nativos y exóticos presentes antes del incendio (previas) y aquellas que ingresaron posteriormente entre 2010 y 2014 (nuevas) al sotobosque de *N. antarctica*.

**Graphic 4:** Cover of native and alien species of herbs (Dicots) and grasses (Monocots) existing before the fire (previas), and those incoming after fire between 2010 and 2014 (nuevas) in the *N. antarctica* understory.

Desde el punto de vista productivo, el fuego favoreció la cobertura de especies forrajeras (ej., *P. pratensis*, *Bromus unioloides*) deseables en muchos bosques de ñire donde se cría ganado vacuno y ovino en Patagonia Sur (Peri *et al.* 2005). En el pasado, las quemadas sin prescripción han sido ampliamente usadas en los bosques de ñire de Tierra del Fuego con este fin productivo (Somlo *et al.* 1997; Roig 1998). Sin embargo, esta práctica no produjo los resultados esperados, ya que si bien produce un aumento en la oferta del pastizal en el corto plazo, los rodales tienden a regenerar agresivamente en el mediano-largo plazo. Esta abundante regeneración genera rodales de alta cobertura no aptos para el uso silvopastoril. Desde el punto de vista de la conservación, el incendio produjo un fuerte incremento de especies exóticas y de nativas no propias del bosque de *N. antarctica* en los años sucesivos al fuego.

Dichos cambios podrían implicar el aumento de la competencia interespecífica (Royo y Carson 2008) con otras especies nativas y con las plántulas de ñire encargadas de regenerar el bosque (Bahamonde *et al.* 2011, Soler 2012). Sin embargo, no es posible hablar de reemplazo de especies, ya que sólo abarcamos un estadio temprano dentro de un proceso sucesional más largo y complejo (Frangi *et al.* 2004).

## Conclusiones

Nuestros resultados demuestran que luego de un incendio de origen antrópico, la composición del sotobosque de *N. antarctica* se modificó debido a: a) el aumento de la riqueza y cobertura de especies exóticas (hierbas y pastos), b) el ingreso de especies exóticas nuevas que estaban ausentes en la situación pre-incendio, c) la reducción de cobertura de algunas especies de hierbas nativas, d) el ingreso de especies nativas desde los ambientes asociados, pero no propias del bosque y que estaban ausentes en la situación pre-incendio. Aunque el sotobosque está compuesto mayormente por especies que ya estaban presentes antes del incendio, las nuevas especies que ingresan podrían permanecer en el futuro profundizando aun más las diferencias en el ensamble de especies.

## Agradecimientos

A Eleonora Bassino, Ayelén Martínez, Joaquín Córdoba, Sofía Gómez, Maricel Galán, Patricio Valenzuela Celis y Ana Delia Torres por su participación en el trabajo de campo. A Carlos Henninger y Roberto Fernández dentro de la Ea. Los Cerros por la colaboración logística.

## Bibliografía

- Bahamonde HA, Peri PL, Monelos L, Martínez Pastur G. 2011. Aspectos ecológicos de la regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque* 32: 20-29.
- Brancaleoni L, Strelin J, Gerdol R. 2003. Relationships between geomorphology and vegetation patterns in subantarctic Andean tundra of Tierra del Fuego. *Polar Biology* 26: 404-410.
- Frangi JL, Barrera MD, Puig de Fábregas J, Yapura PF, Arambarri AM, Richter L. 2004. Ecología de los bosques de Tierra del Fuego. En: Arturi MF, Frangi JL, Goya JF (eds) *Ecología y manejo de bosques nativos de Argentina*. Presentación multimedia en CD, Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Gallo E, Lencinas MV, Peri PL. 2004. Desarrollo de sistemas silvopastoriles en bosques de *Nothofagus antarctica*. Capítulo 2: Biodiversidad en los ñirantales. Informe PIARFON BAP. 24 p.
- Gobbi M, Puntieri J, Calvelo S. 1995. Post-fire recovery and invasion by alien plant species in a South American woodland-steppe ecotone. Pp. 105-115 en: Pyšek P, K Prach, M Rejmánek, M Wade (eds.). *Plant Invasions: General Aspects and Special and Special Problems*. Amsterdam, Netherlands: SPB Academic Publishing.
- Holz A, Haberle S, Veblen TT, De Pol-Holz R, Southon J. 2012. Fire history in western Patagonia from paired tree-ring fire-scar and charcoal records. *Climate of the Past* 8: 451-466.
- Kitzberger T, Raffaele E, Heinemann K, Mazzarino MJ. 2005. Direct and indirect effects of fire severity in north patagonian subalpine forests. *Journal of Vegetation Science* 16: 5-12.
- Kozłowski TT. 2002. Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 158: 195-221.
- Lencinas MV, Martínez Pastur G, Gallo E, Cellini JM. 2011. Alternative silvicultural practices with variable retention to improve understory plant diversity conservation in southern Patagonian forests. *Forest Ecology and Management* 262: 1236-1250.
- Martínez Pastur G, Peri PL, Fernández C, Staffieri G, Lencinas MV. 2002. Changes in understory species diversity during the *Nothofagus pumilio* forest management cycle. *Journal of Forest Research* 7(3): 165-174

- Martínez Pastur G, Peri PL, Cellini JM, Lencinas MV, Barrera M, Ivancich H. 2011. Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. *Annals of Forest Science* 68: 587-594.
- Pereslindo C, Urquía N, Jaras F. 2012. Estadísticas de Incendios Forestales del período 1993-2012 en Tierra del Fuego, Argentina. *Actas de las II Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. P 15.
- Peri PL, Martínez Pastur G, Monelos L, Allogia M, Livraghi E, Christiansen R y Sturzenbaum MV. 2005. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire: una estrategia para el desarrollo sustentable en la Patagonia Sur. En: Zárate R. y Artesi L (eds) *Dinámicas Mundiales, Integración Regional y Patrimonio en Espacios Periféricos*. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos, pp 251-259
- Promis A, Caldentey J, Ibarra M. 2010. Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque* 31(2): 129-139.
- Quinteros P, Hansen N, Kutschker A. 2010. Composición y diversidad del sotobosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) en función de la estructura del bosque. *Ecología Austral* 20: 225-234.
- Roig F. 1998. La vegetación de la Patagonia. En: Correa M (ed) *Flora Patagónica*. Buenos Aires, Argentina, INTA Colección Científica, p 1-174.
- Royo AA, Carson WP. 2008. Direct and indirect effects of a dense understory on tree seedling recruitment in temperate forests: habitat-mediated predation versus competition. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 1634-1645.
- Soler R. 2012. Regeneración natural de *Nothofagus antarctica* en bosques primarios, secundarios y con uso silvopastoril en Tierra del Fuego. Tesis de Doctorado, Universidad de Córdoba, 145 p.
- Somlo R, Bonvisutto G, Schlichter T, Laclau P, Peri PL, Allogia M. 1997. Silvopastoral use of Argentine Patagonian Forests. En: Gordon AM, Newman SM (eds) *Temperate agroforestry systems*. CAB International, United Kingdom. P 237-250.
- Varela SA, Gobbi ME, Laos F. 2006. Banco de semillas de un bosque quemado de *Nothofagus pumilio*: efecto de la aplicación de compost de biosólidos. *Ecología austral*.16: 63-78.
- Veblen TT, Donoso ZC, Schlegel FM, Escobar B.1981. Forest dynamics in south-central Chile. *Journal of Biogeography* 8: 211-247.

**PRACTICAS DE MANEJOS DE ABEJAS SIN AGUIJÓN, DE BOSQUES NATI-  
VOS FORMOSEÑOS**

**PRACTICES OF BUMBLEBEES MANEJOS, NATIVE FORESTS FORMOSA**

**Oviedo, M. A<sup>1</sup>.; Sirka, C. E<sup>2</sup>. (At equo)**

<sup>1</sup> Ing. Ftal, Prof. Tit.: Manejo de Áreas Silvestres. email: [ma1\\_oviedo@yahoo.com.ar](mailto:ma1_oviedo@yahoo.com.ar). <sup>2</sup> Ing. Ftal, Prof. Tit.: Metodología de la Investigación. F.R.N. UNaF. Av. Gutnisky 3200, CP 3600. email: cesirka@yahoo.com.ar

**Resumen**

El estudio se efectuó en dos tipos de unidades ambientales (bosques bajos y bosques altos explotados) conformadas por formaciones vegetales con diferentes intervenciones antrópicas, localizadas en el Departamento Pirane, Provincia de Formosa. La metodología puso énfasis en los vuelos que las abejas sin aguijón realizan en horas tempranas con temperaturas superiores a 20 °C, georeferenciándose, alturas, tipo de abejas más significativas y frecuencias de las mismas; encontrándose la *Tetragonisca angustula* (Rubiecito), o (yatei), *Scaptotrigona Póstica* (Tapeua) y *Plebeia sp* (Mirí) o (Apenguareí). A los cuatro años se delinearon pautas sobre práctica culturales de manejos, análisis de las propiedades de la miel encontradas, tipos de cajones para la actividad, cuadro fenológico, enemigo más comunes y se definieron estrategias de conservación y sostenibilidad del recurso a través de la puesta en marcha de micros emprendimientos familiares.

**Palabras clave:** *Prácticas de manejos, conservación y sostenibilidad del recurso, cría y manejo de abejas sin aguijón, meliponicultura.*

**Summary**

The study was conducted in two types of environmental units ( low and high forest harvested forests ) vegetation made up of different human actions , located in the Department Piranesi , Province of Formosa. The methodology put emphasis on flights stingless bees made in the early hours with temperatures above 20 ° C , georeferenciándose , heights, type of significant bees and frequency thereof; finding the Blond guys or YATEI ( *Tetragonisca angustula* ) Tapezua ( *Scaptotrigona postica* ) and Mirí or Apenguareí ( *plebeia sp* ) . At four guidelines on handling cultural practice, analysis of the properties of the honey found, types of drawers for activity, phenological box, enemy most common strategies were outlined and conservation and sustainability of the resource is defined by the set micros up family businesses.

**Keywords:** Handling practices, resource conservation and sustainability, breeding and management of stingless bees, stingless beekeeping.



## Introducción

Las abejas sin aguijón son un grupo de insectos sociales que habitan áreas tropicales y subtropicales del mundo, a diferencia de las abejas comunes originarias del viejo mundo (África), las meliponas son nativas del continente americano, donde se han identificado más de 350 especies. Algunas de estas especies producen una miel de alta calidad que son utilizadas por los pobladores rurales como complemento de la dieta y para uso medicinal. Actúan como polinizadores para las flores de numerosas especies, tanto en los bosques nativos como en los campos de agricultura; sin embargo en la actualidad, estas abejas sin aguijón están desapareciendo, como consecuencia de la destrucción de los bosques nativo relacionado con la expansión de la frontera agrícola para diferentes usos. La meliponicultura se caracteriza por ser una actividad económicamente viable, muy sencilla y de fácil implementación y mantenimiento dentro de los sistemas de producción campesinos o urbanos. La zona sur de la provincia de Formosa, con sus numerosas colonias vecinas, poseen un gran potencial para la cría y manejo de meliponideos, sin embargo el factor que limita su desarrollo es la falta de capacitación hacia estos sectores. Es por ello que esta línea investigativa relacionada a la biodiversidad del bosque formoseño, se encuentra orientada fundamentalmente a conocer las amplias posibilidades que se puedan realizar a través de un manejo sostenible de este recurso, observar la importancia como agente polinizador de especies nativas y las múltiples propiedades medicinales de su miel.

## Objetivo general

Definir prácticas de manejos sobre las abejas sin aguijón optimizando las propiedades medicinales derivadas de su miel, favoreciendo estrategias de planificación micro productivas en zonas rurales, del sur de la Provincia de Formosa.

## Materiales y métodos

El estudio se efectuó en dos tipos de unidades ambientales definidas como bosques bajos y altos explotados, conformadas por formaciones vegetales adaptadas a tales ambientes y con diferentes intervenciones antrópicas, localizadas en la Sección cuarta del Departamento Pirane, zona sur de la Provincia de Formosa, perteneciente al Parque Chaqueño Húmedo y sus zonas rurales.

Tipos de bosques nativos que habitan:

Los bosques del lugar de ensayo son típicos y representativos de los ecosistemas forestales de la Zona Húmeda del Parque Chaqueño. A continuación se dan algunas referencias generales de hábitat intervinientes en bosques de la Zona Húmeda de la Provincia de Formosa.

Se ubican generalmente sobre terrenos sobreelevados, antiguos albardones o lomas pudiendo diferenciarse tres estratos; el superior constituidos por especies arbóreas que pueden alcanzar los veinticinco metros entre las que se pueden mencionar: *Handroanthus heptaphyllus* (Lapacho), *Phyllotylom rhamnoides* (Palo lanza), *Patagonula americana* (Guayaibi blanco), *Enterolobium contortisiliquum* (Timbo colorado), *Gleditsia amorphoides* (Espina corona), *Pithecellobium scalare* (Tatane), *Ruprechtia polystachia* (Ibirá-puitaí), *Maclura tinctoria* (Palo mora), *Diplokeleba floribunda* (Palo piedra), *Pisonia zapallo* (Francisco alvarez), etc.

Se ubican en los interfluvios, en suelos de menor desarrollo que la formación anterior pudiendo diferenciarse tres estratos. El arbóreo conformado principalmente por *Schinopsis balansae* (Quebracho colorado chaqueño), *Astronium balansae* (Urunday), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Quebracho blanco), *Caesalpinia paraguariensis* (Guayacán), *Bumelia obtusifolia* (Guaraniná), *Tabebuia nodosa* (Palo cruz); el arbustivo: constituido por *Acacia praecox* (Garabato negro), *Capparis tweediana* (Sacha membrillo), etc.; y el herbáceo: básicamente constituido por bromeliáceas en alta densidad como el *Pseudoananas macrodonthes* (Ibirá), y en menor cantidad *Aechmea distichantha* (Caraguata chuzza).

## Resultados

Se utilizaron sistemas de georeferencias para marcar sus nidos en horas tempranas y con temperaturas superiores a 20°C, opteniéndose datos referidos a: Tipo de monte: alto; Sp arbórea:

*Bumelia obtusifolia*; Tipo de abeja sin agujón: Rubiecito; GPS: SO 26°05.103” WO 59°21.613”; sobre un total de diez árboles del lugar de búsqueda.

El diámetro a la altura pecho - dap-, del árbol: 47 cm; Altura del árbol: 12 mts; Estado sanitario: Enfermo; Altura de la boquilla en el árbol: 1,50 mts del suelo; Largo de la boquilla: 4,5 mm;

Forma de la boquilla:

Cilíndrica; Diámetro de la boquilla: 5 mm; Temperatura ambiente: 27°C; Mes: agosto Año: 2011

Numero de nidos existentes por hectáreas:

Dependiendo del sitio, y con provisión de agua y diversidad florísticas de especies vegetales las posibilidades de encontrarlas son más significativas; llegándose a ubicar en una superficie de 400 metros cuadrados de bosque alto hasta 5 nidos, observándose la particularidad de una mayor frecuencia de Rubiecito al de Tapezua, casi en una relación de tres a uno y en la especie forestal Guaraniná.

Boquillas de entradas:

En el caso del rubiecito sus diámetros de entradas generalmente se mantienen constantes en 10 mm. y largos variables entre 10, 15, 20, 60 mm. y más, solo visibles de afuera, ya que la boquilla generalmente toma contacto con el nido, por lo que este pasadizo de entrada en forma de tubo puede corresponder a un mayor longitud. En tapezua en cambio la boquilla de entrada de 30 mm.



Image N° 1 inlet nozzle Blond guys  
Imagen N°1 boquilla de entrada de Rubiecito

### Composición del nido.

En la construcción y elaboración del espacio de los nidos, emplean diversos elementos como; cera pura, mezcla de cera y resina, mezcla de resina y barro. El caso más particular en nuestra zona es el del Urunday. Esta especie una vez cortada exuda durante las primeras 48 hs; resina altamente maleable y pegajosa, la que es aprovechada tanto por el Rubiecito como el Tapezua. La mezcla de cera y resina es empleada por ciertas especies en la construcción del involucro que circunscribe a las cámaras de cría. El involucro está conformado por capas superpuestas que tiene por función el mantenimiento de una adecuada temperatura para el desarrollo normal de las larvas de las abejas. En el caso del rubiecito y tapezua estos almacenan sus alimentos (miel y polen) en potes ovalados, construidas con mezcla de cera y resina. Se encuentran también potes con miel y otros con polen. Los panales de cría de los rubiecitos tapezua están dispuestos horizontalmente, en forma de discos apilados con pequeños espacios que les sirven para el desplazamiento de las abejas. Son variables, más pequeñas cuando jóvenes, sin embargo diferentes observaciones han establecidos que las mismas se extienden desde el centro hacia afuera y arriba, en la construcción de sus diferentes celdas; similar a la de una avispa colorada que en sus inicios el nido es muy pequeño hasta encontrar un tamaño adecuado a sus crías. Estos discos de ceras que contienen a las crías constituye la colmena; estimándose unos 10 cm de altura a 7 u 8 cm de ancho, dependiendo de la antigüedad del nido. Más reducido si es nuevo y de mayor tamaño en la medida que pasan los años.

Las alturas de sus nidos en las dos especies más conocidas, rubiecito y tapezua es variable; pueden encontrarse a ras de suelo como a diferentes alturas en los troncos de árboles.

### Individuos de las colmenas.

**Obrera:** Se encarga de la construcción del nido, cuidado de la cría (cuando son jóvenes), búsqueda de néctar, polen, agua, materiales como barro, resinas o semillas (cuando son maduras), eliminación de desechos y defensa del nido.

**Reina:** Es la responsable de la postura de los huevos y de mantener la colonia unida por medio de mensajes de olor que influyen sobre el comportamiento del resto de los individuos.

**Zángano:** Nacen ininterrumpidamente cuando los nidos son fuertes y con buenas provisiones de alimento. Su función es netamente reproductiva. Copula con una única reina durante un vuelo nupcial y posteriormente muere.

### Apeo de árboles.

Para el corte de árboles generalmente enfermos, solo es necesario verificar bien la ubicación del nido, el cual se puede determinar con golpes al tronco, de esta forma y al estar ahuecado la madera el sonido emitido por el golpe facilitará con mayor precisión el lugar de nidificación. La forma de sacar sin estropear parte del nido, es que el corte trasversal sea realizado con exactitud, de forma tal que si por algún motivo se toca el nido y este comienza con la pérdida de miel y material vivo, la forma más sencilla y práctica de subsanar estos imprevistos sin perder parte de los habitantes de la colmena, es el tapado rápido del hueco con barro del lugar o algún tipo de cinta.



**Imagen N° 2 is a longitudinal section view of the structure of a nest blonde**  
**Imagen N° 2 Vista de un corte longitudinal de la estructura de un nido de rubiecito**

### **Dimensiones del cajón meliponicultor**

Las dimensiones más utilizadas son de 20 cm de altura por 20 cm de ancho. Sus alzas poseen las mismas dimensiones y por ahora resultan ser las más adecuadas. La madera para su construcción debe ser dura, en el ensayo se utilizaron madera de (*Phytesselobium scalare*) Tatane y (*Pterogyne nitens*) viraro.

Lugar a instalar el meliponario



**Imagen N°3 Meliponary located in the shadow of a plantation of Ibirá PUITA-ì.**  
**Imagen N°3 Meliponario ubicado a la sombra de una plantación de Ibirá puita-ì.**

### **Trasiego.**

Para llevar a cabo el trasiego, se debe realizar el corte en forma longitudinal del tronco, en ambas caras, sin tocar el nido, para ello es necesario contar con un motosierrista con experiencias. La separación de las caras del tronco se lleva a cabo con ayuda de una barreta, para resguardar lo más que se pueda el nido. Para extraer, separar el nido del tronco del árbol y efectuar el trasiego al cojoncito estándar es importante contar con herramientas adecuadas, como martillo y un buen cuchillo de este modo producir el menor daño posible a la colmena; dado las consecuencias inmediatas de esta mala prácticas por la aparición de enemigos naturales como (*Pseudohypocera Kertzei*) mosquitas, la cual pone huevos en los panales, que al transformarse en larvas, estas se alimentan de la crías de las abejas, originando la perdida de la colmena.

Para trasladar el panal, a la cámara de cría estándar, es importante que el mismo se encuentre intacto, ubicando el mismo sobre bolitas de ceras de 2 – 3 cm., evitando que la base del panal tome contacto directo con el piso de la cámara. De esta forma las crías pueden circular sin problema, produciéndose además una buena circulación del aire.

En la figura 4 se muestra el panal, que debe ser observado para detectar la potencia de la colmena, en función al número de cría, que se estima según investigación al peso del material vivo.



**Imagen N<sup>o</sup> 4 standard drawer with ball of wax and honeycomb breeding**  
**Imagen N<sup>o</sup>4 Cajón estándar con bolita de cera y panal con cría**

Completa la revisión del panal, se la ubica en el fondo del cajón, sobre rodillos de ceras, agregándoles además cantaros de polen y miel, para evitar que la misma se vea disminuida en su potencia y fortaleza. Posteriormente se cierra la cámara de cría, la cual será propolizada por las abejas como formas de protección contra enemigos naturales.

Enemigos más comunes.

Generalmente se produce durante la actividad o etapa de trasiego; penetra al nido recién instalado de la colmena madre a la colmenita hija un fórido (mosquita) que destruye las colonias que son abiertas para la actividad de mención o la que va a ser cosechada. El forido se denomina *Pseudohyocera Kertzei* o (ñeti); el mismo oviposita sobre el polen y sus larvas se alimentan de las crías de las abejas hasta destruir totalmente el nido. También son enemigos naturales, las hormigas, sapos y pájaros carpinteros.

Radio de acción.

Las bibliografías hablan de 200 metros, pero experiencias con productores que conocen su hábitat hablan que en periodos de sequía las han visto en pozos de agua retirados de sus nidos de hasta 500 metros de distancia, aprovechando los canales de vientos.

Costos de instalación de un meliponario.

Cada cajón sustentable, que consta de un cajón madre de 20 por 20 cm. y 1 alza de la misma medida, sin material vivo ronda los \$ 80,00.- por unidad. El mismo cajón con material vivo, es decir en producción ronda los 360,00 a 500,00 pesos.

Cosecha.

La época de mejor cosecha para quienes utilizan (gente de campo) esta miel es la de julio, sin embargo no es precisamente este el periodo aconsejable para hacer uso de su miel, pues los periodos de escases en entrada de polen y néctar se dan precisamente en estos meses; esto sugiere que para manejarlos sustentablemente se deben realizar extracciones a partir de septiembre, cuando el nido está suficientemente abastecido de miel y polen, de modo de no afectar a la colmena.

De acuerdo análisis realizados luego del envío de muestras se pudieron determinar que la miel de rubiecito posee las siguientes cualidades: Antibiótica, antimicótica., bactericida, bacteriostática. Se los usa actualmente en los laboratorios de EEUU, Alemania y Japón para los preparados de cocteles para los que padecen SIDA-HIV. Tiene un 2 % de sacarosa. Puede consumir un diabético tipo 2 en pequeñas raciones. Es; desinfectante, combate infecciones oculares, crema para la piel, contra afecciones respiratorias, purifica la sangre, para heridas ulceradas, para quemaduras. No se cristaliza, dado lo pocos componentes azucarados. ES UNA MIEL PURAMENTE MEDICINAL. Una cucharada por día abre un abanico de protección muy amplio para el ser humano.

Floración: Se han estudiado varios periodos vegetativos y específicamente aquellas que favorecen la provisión de polen, néctar, etc.

Cuadro de diferentes periodos de floración para la utilización de néctar y polen

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Palo Mora</b>												
<b>Palo Lanza</b>												
<b>Ibira Pitai</b>												
<b>F. Álvarez</b>												
<b>Algarrobo B</b>												
<b>Algarrobo N</b>												
<b>Tatane</b>												
<b>Timbo</b>												
<b>Viraro</b>												
<b>E. Corona</b>												
<b>Guayacán</b>												
<b>Ibira Puita</b>												
<b>Urunday:</b>												
<b>Q.Colorado</b>												
<b>Palo Piedra</b>												
<b>Guaranina</b>												
<b>Q. Blanco:</b>												
<b>Lapacho</b>												
<b>Palo Blanco</b>												
<b>Guayaibi:</b>												
<b>Tipa Blanca</b>												
<b>Garabato</b>												
<b>Sacha Poroto</b>												
<b>Chilca</b>												
<b>Chañar:</b>												
<b>F. Primavera</b>												

### Conclusiones y recomendaciones

La miel de rubito, tapezua o apenguavery son tan líquidas y suaves que inmediatamente pueden ser reconocidas y diferenciadas de la de Apis melífera, que son muchas más pesadas, no cristalizándose en invierno dado el menor contenido de azúcares de relevancias; muy por el contrario con la de Apis melífera

Sus bajos costos de implementación, mantenimiento, equipos e insumos no interfieren con otras actividades productivas; Las colmenas pueden mantenerse cerca de la casa sin riesgo. Son sostenibles ambientalmente, además de prestar servicios ambientales a los agros ecosistemas a través de la polinización. Productos reconocidos, con gran demanda local altamente medicinal. Los resultados obtenidos previo diagnóstico de 15 familias de productores de la zona generan gran expectativa, lográndose capacitar y entregar a través de Escuelas rurales un total de 10 cajones sustentables por familia, cuya asistencia facilito la comprensión y el desarrollo de la actividad. Su implementación previa planificación puede generar verdaderas fuentes de ingreso con la posibilidad de exportación de la miel.

## Bibliografía

- Aidar D.S. A Mandaçaia: Biología de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (*Hymenoptera, Apidae, Meliponinae*). Braz.J. Genetics. Série Monografias (4):103p. 1996.
- Bustamante D.M. & Álvarez J.M. Clasificación etnobiológica de las abejas sin aguijón (*Hymenoptera: Apidae: Meliponinae*): Estudio de caso en Villa Canales, Guatemala. 2001.  
[www.monografias.com/trabajo7/abag.shtml](http://www.monografias.com/trabajo7/abag.shtml)
- Cabrera G., Nates-Parra G. Uso de las abejas por comunidades indígenas: Los Nukak y las abejas sin aguijón. Programa, Resúmenes y Memorias III Reunión de la IUSSI Bolivariana. Fondo FEN Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 122p. 1999.
- Camargo J., Posey D. O conhecimento dos Kayapó sobre as abelhas sociais sem ferrão (*Meliponidae, Apidae, Hymenoptera*): notas adicionais. Bol Mus. Para. Emilio Goeldi, sér Zool 6 (1): 17-42 . 1990.
- Díaz P. & De Jong H.J. Apoyo a la reforestación y manejo de bosques por medio de la cría de las abejas sin aguijón en el noroeste de El Salvador, Centroamérica. PROMABOS. Memorias II Seminario Mexicano sobre abejas sin Aguijón, Mérida, Yucatán, México. 52-56p. 2001.
- Oviedo, Miguel A; Sirka Enrique C; Gorleri, Máximo; Murdoch, Margarita: Cría y manejo de abejas sin aguijón. Formosa. Secretaria de Ciencia y Técnica Año 2014.
- Wille A. Las abejas jicotes del género *Melipona* (*Apidae: Meliponini*) de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 24: 123-47. 1976.
- Zozaya R. J. & Espinosa M. L. Las abejas indígenas de las antiguas culturas mesoamericanas. Memorias II Seminario Mexicano sobre abejas sin Aguijón, Mérida, Yucatán, México. 3-9 p. 2001

**TOLERANCIA A LA DESECACIÓN DE SEMILLAS DE *MACHAERIUM PARAGUARIENSE* HASSL. (*FABACEAE*)**

**DESICCATION TOLERANCE OF *MACHAERIUM PARAGUARIENSE* HASSL. (*FABACEAE*) SEEDS**

**Mallozzi<sup>1</sup>, Gisela Yanina; Otegui<sup>1</sup>, M.B.; Eibl<sup>2</sup>, B.I.; Totaro<sup>1</sup>, M.E.**

<sup>1</sup>(FCEQyN-UNaM), Félix de Azara 1552, (3300) Posadas, <sup>2</sup>(FCF-UNaM), Bertoni 124 (3380) Eldorado, Misiones, Argentina. giselamalozzi@hotmail.com

**Resumen**

Se estudió la tolerancia a la desecación y el efecto de la velocidad de secado sobre la viabilidad de las semillas de *Machaerium paraguariense* Hassl. Para ello, se deshidrataron dos muestras de semillas hasta 5% de contenido de humedad (CH) mediante su exposición a silicagel. Una de ellas fue conservada durante tres meses a -20°C. Mediante ensayo de germinación, se determinó la viabilidad y el vigor en ambas, antes y después de este período. Para establecer el efecto de la velocidad de secado se utilizaron tres proporciones de silicagel/semillas (1:1; 3:1 y 5:1) disminuyendo hasta 3% el CH y determinando su viabilidad y vigor. Los resultados, analizados por ANOVA y test de comparación de medias de Tukey, indican que las semillas de esta especie presentan comportamiento ortodoxo. Tanto la deshidratación como la velocidad a la que ocurre, no afectan a la viabilidad y el vigor de las semillas.

**Palabras clave:** germoplasma, conservación, deshidratación, viabilidad

**Summary**

The desiccation tolerance and the effect of drying rate on viability of *Machaerium paraguariense* Hassl seeds, were studied. Two seeds samples were dried to 5% moisture content (MC) by exposure to silica. One of them was kept for three months at -20 ° C. Viability and vigor by germination test, were determined before and after this period. To investigate the drying speed effect on seed viability, three ratios of silica gel/seeds were used to decrease the moisture content to 3%: 1:1, 3:1 and 5:1. The results were analyzed by ANOVA and Tukey's test was used to analyze differences between means, they suggest that the seeds of this species have orthodox behavior. Both, dehydration and rate at which it occurs, do not affect the viability and vigor of seeds.

**Key words:** germplasm conservation, dehydration, viability



## Introducción

*Machaerium paraguariense* Hassl. (Fabaceae), conocido como Isapuí, es un árbol perennifolio, heliófito que se distribuye en Paraguay, Brasil y noreste de Argentina, siendo abundante en la cuenca del Paraná. Es una especie pionera, de valor ornamental, recomendada para restauración de suelos degradados y como melífera. Su madera, de dureza mediana y vetado atractivo, es usada para la fabricación de enchapados y mangos de herramientas. El fruto es una sámara de color castaño claro, uniseminada. No se dispone de información sobre la fisiología de sus semillas y en particular, sobre la posibilidad de conservación de las mismas. Los antecedentes relacionados con esta temática en otras especies de *Machaerium*, señalan que el almacenamiento en cámara fría es adecuado para la conservación de semillas de *M. vestitum* (Velazco *et al.*, 2013) y de *M. stipitatum* (Medeiros y Zanon, 2000). Sin embargo, Gómez-Campo (2007) postula que sí es posible disminuir el contenido de humedad de las semillas hasta valores cercanos a 3 % sin que se vea afectada la viabilidad, la conservación de las mismas podrá llevarse a cabo con independencia de la temperatura de almacenamiento. Por otra parte, la duración del secado y el período que transcurre hasta que las semillas son ubicadas en el almacenamiento, influyen en su potencial de longevidad porque disminuye el tiempo de exposición de las semillas al deterioro (Hong y Ellis, 1996). El incremento en la velocidad de secado puede lograrse mediante la cantidad de sílica gel que se utilice respecto de la cantidad de semillas.

Por ello es necesario conocer la respuesta de las semillas frente a la desecación a fin de definir cómo proceder para su conservación. Existen tres categorías para clasificar a las semillas según esta respuesta: las ortodoxas, que toleran niveles de humedad muy bajos y pueden ser conservadas a bajas temperaturas, las recalcitrantes, que no toleran una deshidratación significativa respecto al contenido de humedad presente en el momento de la diseminación y por ello no pueden ser conservadas en bancos de germoplasma convencionales y las intermedias, que soportan mejor la deshidratación que las recalcitrantes, pero no toleran el estrés producido por las bajas temperaturas de almacenamiento (Hong y Ellis, 1996 y Dickie y Pritchard, 2002).

Atendiendo a esta problemática, los objetivos del presente trabajo fueron determinar la tolerancia a la desecación y el efecto de la velocidad de secado sobre la viabilidad de las semillas de *M. paraguariense*.

## Materiales y métodos

Las semillas fueron extraídas manualmente de frutos cosechados en julio de 2012 de una población natural del departamento Eldorado (Misiones). El contenido de humedad, el porcentaje de germinación (PG) y el vigor mediante el índice de velocidad de germinación (IVG), fueron evaluados inmediatamente luego de la extracción de las semillas. La determinación del contenido de humedad inicial (CHI), en base a peso fresco, se realizó por el método de estufa a alta temperatura (ISTA, 2010) utilizando dos repeticiones de 2 g cada una.

Para la determinación del poder germinativo y el vigor iniciales y todas las pruebas de germinación posteriores, se utilizaron 4 repeticiones de 20 semillas cada una sembradas entre arena a 25 °C y 8 hs. de luz. Se consideraron germinadas a las semillas que originaron plántulas normales (Brasil, 2009). El recuento se efectuó diariamente durante 25 días, momento en el que se estabilizó el número de semillas germinadas. El porcentaje de germinación se calculó como  $PG = (N_{germ}) / (N_{semb}) \times 100$ , siendo  $N_{germ}$  = N° de semillas germinadas,  $N_{semb}$  = N° de semillas sembradas y el índice de velocidad de germinación (Maguire, 1962), se calculó como  $IVG = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_i/t_i$  siendo  $n_i$  = N° de semillas germinadas y  $t_i$  = tiempo en días.

Para determinar la respuesta de las semillas a la deshidratación se siguió el procedimiento de Hong y Ellis (1996) que consiste en disminuir el contenido de humedad de las semillas hasta 10% y 5%, conservar a estas últimas durante 3 meses a -20 °C y comprobar su viabilidad luego de cada etapa. Para alcanzar los contenidos de humedad deseados (CHD) se expusieron las semillas a cantidades equivalentes de gel de sílice. La primera de las etapas sugeridas, hasta 10% de CH, fue obviada debido a que el CHI fue de 10,7%, valor cercano al sugerido por estos autores. Para la segunda etapa, se secaron dos muestras de semillas hasta 5% de CH. A continuación se determinaron la viabilidad y el vigor mediante ensayo de germinación en una de las muestras, mientras que la otra fue almacenada a -20 °C en envase hermético durante un período de 3 meses al final del cual se realizó un nuevo ensayo de germinación.

Finalmente, para establecer el efecto de la velocidad de secado se utilizaron 3 proporciones de gel de sílice: semillas (1:1; 3:1 y 5:1) para disminuir hasta 3% el CH.

Para calcular el contenido de humedad deseado (CHD) en todas las etapas, se utilizó la fórmula de Thomsen (2000) que permite monitorear el contenido de humedad, conociendo el contenido de humedad inicial (CHI), sin pérdida de semillas:

$$\text{Peso de las semillas (g) al CHD} = \frac{(100 - \text{CHI}\%)}{(100 - \text{CHD}\%)} \times \text{Peso inicial de las semillas (g)}$$

Esta fórmula también fue utilizada para determinar las curvas de ultrasecado. Para ello las muestras de semillas expuestas al gel de sílice fueron pesadas cada hora hasta alcanzar el CHD y a continuación fueron sembradas en las condiciones antes descritas.

Los resultados de los ensayos de germinación fueron analizados utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI, mediante ANOVA y Test de Comparación de Medias de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Mientras que los datos experimentales de pérdida de humedad en función del tiempo se ajustaron a una ecuación de tipo logarítmico, similar a la ecuación integrada de la Segunda ley de Fick (Schmalko *et al.*, 1996):

$$\ln X/X_0 = \text{cte} - D * t/l^2$$

Siendo:

X= contenido de humedad al tiempo t (g %)

X<sub>0</sub>= contenido de humedad inicial (g %)

D= coeficiente de difusión (mm<sup>2</sup>/h)

l=espesor de la capa superficial (mm)

t= tiempo en horas

En la misma, el coeficiente de Difusión (D) da una medida de la velocidad de pérdida de humedad.

## Resultados y discusión

Los resultados de los ensayos de germinación luego de la disminución del CH a 5% y la conservación por 3 meses a -20 °C revelan que las semillas no se vieron afectadas en la viabilidad ni en el vigor respecto de sus valores iniciales (**Tabla 1**). Según Hong y Ellis (1996) este tipo de respuesta caracteriza a las semillas que, probablemente presentan comportamiento ortodoxo frente a la desecación. De las especies estudiadas, *M. vestitum* no registró pérdida de viabilidad cuando fue almacenada a 8 °C y 70 % de HR durante 5 meses (Velazco *et al.*, 2013) pero *M. stipitatum* fue clasificada como no ortodoxa debido a que la disminución del contenido de humedad de 11,2 % a 8,7 % afectó la viabilidad de sus semillas (Medeiros y Zanon, 2000).

**Tabla 1: Porcentaje de germinación (PG %) e Índice de Velocidad de Germinación (IVG) de semillas de *M. paraguariense* antes y después del secado.**

**Table 1: Germination percentage (PG %) and Germination Speed Index (IVG) of *M. paraguariense* seeds before and after drying.**

Contenido de Humedad	PG (%)	IVG
10,7 %	85 a	1,64 a
5 %	85 a	1,52 a
5 % y 3 meses a -20 °C	72 a	1,53 a
C.V. %	10,92	10,13

Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra, no difieren en el test de Tukey al 5% de probabilidad.

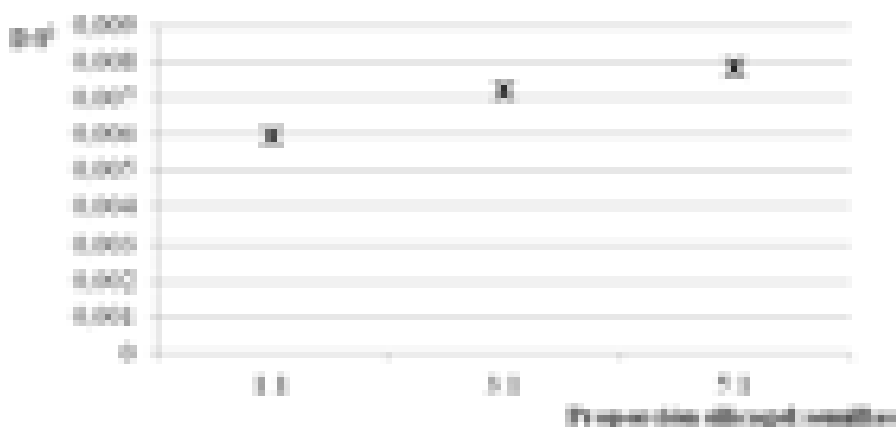
Por otra parte, el ajuste a la ecuación de Schmalko *et al.* (1996) resultó significativo en todos los casos (Tabla 2).

**Tabla 2: Ajuste del modelo de pérdida de humedad en las semillas de *M. paraguariense* expuestas a diferentes proporciones de silicagel: semillas según la ecuación propuesta por Schmalko *et al.* (1996).**

**Table 2: Fit of the model of moisture loss of *M. paraguariense* seeds exposed to different ratios of silica: seeds according to the equation proposed by Schmalko *et al.* (1996).**

Tratamiento	D/L <sup>2</sup>	Función matemática	R <sup>2</sup>
1:1	0,005945 s <sup>-1</sup>	log (X/10,7) = -0,434403 - 0,00594458*t <sup>2</sup>	79,12
3:1	0,007230 s <sup>-1</sup>	log (X/10,7) = -0,437793 - 0,0072297*t <sup>2</sup>	73,82
5:1	0,007837 s <sup>-1</sup>	log (X/10,7) = -0,418566 - 0,00783731*t <sup>2</sup>	79,06

Las velocidades de secado medidas a través de los coeficientes de Difusión (D/L<sup>2</sup>) aumentaron de manera proporcional a la relación peso de silicagel: peso de semilla. Esta diferencia se debe a que disminuye la humedad del ambiente que rodea a la semilla y eso hace que la fuerza impulsora aumente, como así también la pérdida de humedad. Al variar la proporción de silicagel : semilla, ese incremento fue de 130% (Gráfico 1).



**Gráfico 1: Coeficiente de difusión (D/L<sup>2</sup>) del agua de las semillas según proporción de silicagel : semillas.**

**Graphic 1: Seed's water diffusion coefficient (D/L<sup>2</sup>) according to the ratio of silica: seeds.**

Por su parte, la velocidad de secado no afectó a la viabilidad y el vigor de las semillas. El comportamiento fisiológico no presentó diferencias significativas entre las proporciones de silicagel: semillas probadas. El tiempo necesario para alcanzar el CHD de 3 % fue significativamente menor en la proporción silicagel: semillas de 5:1 (Tabla 3). Estos resultados concuerdan con los encontrados en *Chloroleucon tenuiflorum* cuyas semillas alcanzaron el mismo contenido de humedad en 30 h utilizando una proporción de 10:1 sin modificaciones en la viabilidad y el vigor (Mallozzi *et al.* 2013). Por el contrario, Medeiros y Zanon (2000) señalan que las semillas de *M. stipitatum* fueron afectadas por el secado rápido disminuyendo el PG en un 17 %.

**Tabla 3: Efecto de la velocidad de secado sobre la viabilidad (PG %) y el vigor (IVG) de semillas de *M. paraguariense*.**

**Table 3: Effect of drying rate on the viability (PG %) and vigor (IVG) of *M. paraguariense* seeds.**

Proporción silicagel : semillas (g)	Tiempo de secado (días)	PG (%)	IVG
1:1	7 c	84 a	1,69 a
3:1	6 b	78 a	1,67 a
5:1	4 a	79 a	1,81 a
C.V. %	23%	8,43	10,75

Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra, no difieren en el test de Tukey al 5% de probabilidad.

## Conclusiones

Las semillas de *M. paraguariense* probablemente presentan comportamiento ortodoxo ya que toleran la deshidratación y la conservación a -20 °C durante tres meses.

La velocidad de secado no afecta a la viabilidad y el vigor de las semillas, siendo más adecuada la proporción silicagel: semillas de 5:1 por alcanzar el contenido de humedad deseado en menor tiempo.

Estos resultados sugieren que es posible conservar las semillas de *M. paraguariense* en bancos de germoplasma, restando determinar el tiempo en el que se mantendrían viables.

## Agradecimientos

Al Dr. Miguel Schmalko por su asesoramiento en el análisis de las curvas de secado.

## Bibliografía

- Dickie J.B. & Pritchard H.W. 2002. Systematic and evolutionary aspects of desiccation tolerance in seeds. In: Black M. & Pritchard H.W. (eds). Desiccation and survival in plants, drying without dying. CABI Publishing, Oxon, UK.
- Gómez-Campo, C. 2007. A guide to efficient long term seed preservation. In: MONOGRAPHS ETSIA, Madrid, p.1-7. (Univ. Politécnica de Madrid Documentos, 170). [http://curis.ku.dk/ws/files/20711281/technical\\_note\\_56.pdf](http://curis.ku.dk/ws/files/20711281/technical_note_56.pdf).
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2:176-177.
- Mallozzi G.Y.; Fleck A.R.; Otegui M.B. 2013. Tolerancia a la desecación de semillas de *Chloroleucon tenuiflorum* (Benth.) Barneby & J. W. Grimes. Anais do Congresso Brasileiro de Sementes (Recurso eletrônico). Informativo Abrates, v.23, n.2. 1 CD-ROM. (Edição Especial).
- Medeiros A. C. de S., Zanon A. 2000. Armazenamento de sementes de sapuva (*Machaerium stipitatum*). Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 40, jan./jun. p.57-66.
- Schmalko, M.E., Ramallo, L.A and Morawicki, R.O., A Comparison of the Diffusion Model and the Response Surface Method (RSM) in Estimating the Drying Time of *Ilex Paraguariensis*, Latin American Applied Research, 26, 215-220 (1996).
- Thomsen, K. Handling of desiccation and temperature sensitive tree seeds. DFSC SERIES OF TECHNICAL NOTES. TN56. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark. 2000. 33p.
- Velazco, S. J. E.; Hoffmann, P. M ; Blum, C. T. 2013. Influência do período de armazenamento na germinação de jacarandá-branco (*Machaerium vestitum* Vogel). In: XVIII Congresso Brasileiro de Sementes, 2013, Florianópolis. XVIII Congresso Brasileiro de Sementes - CD de Resumos. Londrina: ABRATES.

**LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS UTILIZADAS NA  
ARBONIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE CHOPINZINHO – PARANÁ.**

**LIST OF TREE SPECIES USED IN  
ARBONIZAÇÃO URBAN IN THE CITY OF CHOPINZINHO – PARANÁ**

**Cabreira<sup>1</sup>, Mariana Aparecida Fontana; Tavares<sup>2</sup>, Everton Lorenzetti**

1- Aluna de graduação em Engenharia Florestal da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos. e-mail: mahfontana@hotmail.com

2- Aluno de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Guarapuava. E-mail: [evertontavares1@hotmail.com](mailto:evertontavares1@hotmail.com)

**Resumo**

O meio urbano vem sendo alvo de inúmeras modificações quando se trata de arborização, pois as mesmas não estão sendo planejadas causando problemas a sociedade e a biodiversidade local. Desta forma este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento das espécies arbóreas utilizadas na arborização do município de Chopinzinho – Paraná, durante o mês de abril de 2013. Foram realizadas amostragens de todas as espécies da arborização, coletando dados como família, nome científico, nome comum e quantidade de indivíduos. Com o levantamento concluído foram identificados 114 indivíduos, pertencentes a 16 famílias e 23 gêneros, sendo que a que teve maior representatividade foi a *Syagrus romanzoffiana* (cham) Glassman, seguido pelo *Cupressus* sp. Percebeu-se uma baixa diversidade no local estudado, mas mesmo assim não há um alto risco a flora da comunidade, sendo necessários outros estudos iguais a este para uma melhor avaliação da comunidade arbórea do município.

**Palavras chave:** Áreas verdes, espécies arbóreas, arborização.

**Summary**

The urban environment has been the target of numerous modifications when it comes to trees, because these are not being planned causing problems to society and local biodiversity. Therefore, this study aimed to survey the tree species used in forestry in the municipality of Chopinzinho – Paraná during the month of April 2013. Sampling of all species of trees were performed, collecting data such as family, scientific name, common name and number of individuals. With the survey completed 114 individuals belonging to 16 families and 23 genera were identified, which had the largest representation was *Syagrus romanzoffiana* (cham) Glassman, followed by *Cupressus* sp. It was noticed a low diversity in the studied area, yet there is not a high-risk flora community, others like this for a better assessment of the tree community of the county studies are necessary.

**Key words:** green areas, tree species, tree planting.

## **Introdução**

Os centros urbanos vêm sofrendo inúmeras transformações com o passar do tempo de forma rápida e desordenada. Desta forma a arborização urbana é um benefício quando se trata da qualidade de vida das pessoas, pois esta influência diretamente no bem estar humano e nas condições do meio urbano.

As áreas verdes variam em suas funções, devendo ser estruturadas de acordo com a finalidade e com o tamanho, considerando que as mesmas podem apresentar ambientes interligados por caminhos que vão de um lado a outro da cidade, facilitando assim a locomoção dos cidadãos dentro do ambiente urbano (Paiva e Gonçalves, 2002).

Muitos problemas são gerados após a implantação da arborização em espaços públicos, geralmente por falta de planejamento na elaboração do projeto. Assim sendo as espécies arbóreas a serem utilizadas na arborização urbana devem ser escolhidas em função do recomendado para o local, geralmente em pequeno número, pois facilita os cuidados necessários relacionados à manutenção das mesmas (Balensiefer e Wiecheteck, 1987).

Lindenmaier e Santos (2008) consideram que arborizar e ornamentar um município não significa apenas plantar os vegetais em moradias, ruas, locais públicos e áreas verdes, e sim que os mesmos devem atingir metas de ornamentação, propiciando lugares adequados à população local. Soares (1998) avalia que uma arborização só será correta e harmoniosa, ao mesmo tempo em que esta se espelha a cultura e o grau de desenvolvimento de uma cidade, constituindo-se num dos mais sólidos elementos de sua valorização.

Para obter um melhor conhecimento das espécies que compõem a arborização de um município, é necessário realizar um inventário da arborização de áreas verdes, sendo fundamental para possíveis planejamentos futuros, fornecendo informações necessárias para possíveis mudanças ou intervenções no local. Desta forma o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento das espécies arbóreas utilizadas na arborização do município de Chopinzinho – Paraná.

## **Materiais e Métodos**

A pesquisa foi realizada no município de Chopinzinho – Paraná, localizado na latitude 25° 51' 21"S e longitude 52° 31' 24"W, distante a 394,05 Km da capital do estado, Curitiba (IBGE,2013).A vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial em transição para Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Conforme a classificação de Köppen-Geiger, o clima é caracterizado como do tipo Cfa subtropical úmido mesotérmico com verão quente, apresentando temperatura média do mês mais frio, inferior a 18°C e o mês mais quente, acima de 22°C (IAPAR, 2014), situando-se a 720 metros em relação ao nível do mar.

O levantamento das espécies arbóreas ocorreu nos mês de abril de 2013 em áreas verdes públicas do município, sendo esta a Praça da Igreja Matriz, conhecida assim popularmente.

Para a identificação do material foram utilizadas literaturas específicas (Carvalho, 2006; Carvalho, 2008; Lorenzi, 1998; Lorenzi, 2003; Lorenzi, 2009) e material incorporado em herbários.

## **Resultados e Discussão**

Na área verde avaliada foram localizados 114 indivíduos, pertencentes a 16 famílias e 23 gêneros. A espécie que apareceu com maior abundância na praça foi a *Syagrus romanzoffiana* (cham) Glassman com um total de 27 indivíduos, seguido pelo *Cupressus* sp. com um total de 12 indivíduos.

As famílias que apresentaram maior ocorrência foram Bignoniaceae, Cupressaceae e Lauraceae com três espécies cada, seguidos por Fabaceae, Meliaceae, Myrtaceae e Sapindaceae com duas espécies respectivamente.

Milano e Dalcin (2000) consideram que uma espécie não deve ultrapassar 10–15% do total de indivíduos da população arbórea de um mesmo local, podendo gerar problemas na arborização urbana quando esta não for bem planejada. Desta forma nas áreas verdes avaliadas a Palmeira Jerivá apresentou 24% do total, o que corresponde que a arborização do local não foi planejada adequadamente.

Foram encontradas nove espécies exóticas no total, considerando que estas devam ser substituídas por espécies nativas locais, pois de acordo com Blum et al (2008) a dispersão dessas espécies poderá modificar as comunidades florestais da região, causando prejuízos e desequilíbrio ambiental local.

**Tabela 3: Espécies arbóreas identificadas nas públicas no município de Chopinzinho – Paraná.**  
**Table 1: Tree species identified in public in the city of Chopinzinho-Paraná.**

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	INDIVÍDUOS
Anacardiaceae	<i>Schinusterebinthifolius</i> Raddi	Aroeira pimenteira	2
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucaria	4
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (cham.) Glassman	Palmeira Jerivá	27
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê roxo	4
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.)	Ipê amarelo	1
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i> , D. Don	Jacaranda	1
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cipestre (cedrinho)	1
Cupressaceae	<i>Cupressus</i> sp.		12
Cupressaceae	<i>Callitris preissii</i> . Miq	Pinheiro cipestre	2
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciddum</i> A. St.-Hil.	Cocão	1
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub	Farinha seca	4
Fabaceae	<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad) Schrad ex DC	Chuva de ouro	9
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Abacate	1
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela guaica	3
Lauraceae	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	Canela preta	1
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Açoita cavalo	1
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell	Cedro	2
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	Cinamomo	1
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L	Pitanga	4
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araça amarelo	6
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> var. japonicum	Ligustre	11
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn ex. R. Br.	Grevilha	10
Salicaceae	<i>Salix babylonica</i> L.	Chorão	1
Sapindaceae	<i>Cupania avernalis</i> Camb	Camboatá vermelho	2
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	Camboatá branco	1
Rhamnaceae	<i>Hovenia dulcis</i> Thumb	Uva do Japão	2

A arborização quando bem planejada torna-se independente do porte da cidade, pois é mais fácil realizar a implantação quando se tem um planejamento, sendo que caso o contrário, o transtorno que resultará para realizar o planejamento muitas vezes torna-se inviável a administração pública, tanto em relação a custos como problemas de ordem social (Pivetta e Filho, 2002).

### Conclusões

As espécies que apresentaram maior dominância foram às nativas considerando bom resultado.

As espécies inventariadas indicam baixa riqueza, pois houve pequeno predomínio de algumas espécies.

As espécies exóticas não apresentam risco considerado à comunidade local, mas há a necessidade de controle sobre as mesmas.

É necessário realizar outros inventários nas demais áreas verdes do município para avaliar a situação da população e o planejamento arbóreo da cidade.

### Referências bibliográficas

- BALENSIEFER, M. WIECHETECK, M. ARBORIZAÇÃO DE CIDADES. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas (ITCF). 1987. 24p.
- BLUM, C T; BORGIO, M; SAMPAIO, A C F. ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS NA ARBORIZAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS DE MARINGÁ-PR. Revista Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – Piracicaba. v 3, n.2. 2008. p.78-97.
- CARVALHO, P H R. ESPÉCIES ARBÓREAS BRASILEIRAS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Colombo, Paraná. v 2. 2006. 627p.
- CARVALHO, P H R. ESPÉCIES ARBÓREAS BRASILEIRAS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Colombo, Paraná. v 3. 2008. 593p.
- INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ (IAPAR) CARTAS CLIMÁTICAS DO PARANÁ: CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER. 2014. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2013. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=410540&search=parana|chopinzinho>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2014.
- LINDENMAIER, D de S., SANTOS, N. O dos., ARBORIZAÇÃO URBANA DAS PRAÇAS DE CACHOEIRA DO SUL-RS-BRASIL: FITOGEOGRAFIA, DIVERSIDADE E ÍNDICE DE ÁREAS VERDES. Instituto Anchieta de Pesquisas, Botânica N° 59. São Leopoldo. 2008. p. 307-320.
- LORENZI, H. ÁRVORES BRASILEIRAS: MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO E CULTIVO DE PLANTAS ÁRBORÉAS NATIVAS DO BRASIL. Editora Plantarium. v 1. 2ed. Nova Odessa – SP. 1998. 352p.
- LORENZI, H. ÁRVORES BRASILEIRAS: MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO E CULTIVO DE PLANTAS ÁRBORÉAS NATIVAS DO BRASIL. Editora Plantarium. v 2. 3ed. Nova Odessa – SP. 2009. 384p.
- LORENZI, H. ÁRVORES EXÓTICAS NO BRASIL: MADEIREIRAS, ORNAMENTAIS E AROMÁTICAS. Editora Plantarium. Nova Odessa – SP. 2003. 368p.
- MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro, RJ. 2000. p.226-227.
- PAIVA, H. N de; GONÇALVES, W. FLORESTAS URBANAS: PLANEJAMENTO PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA. Viçosa, MG. editora Aprenda Fácil. 2002. 180p.
- PIVETTA, K. F. L; FILHO, D. F da S. ARBORIZAÇÃO URBANA. Boletim Técnico. Série Arborização Urbana. UNESP/FCAV/FUNEP. Jaboticabal – São Paulo. 2002. 74p.
- SOARES, M. P. VERDES URBANOS E RURAIS: ORIENTAÇÃO PARA ARBORIZAÇÃO DE CIDADES E SÍTIOS CAMPESINOS. Porto Alegre. Editora: Cinco Continentes, 1998. 242 p.



**QUALIDADE PAISAGÍSTICA E ANÁLISE FÍSICA DOS  
PARQUES E PRAÇAS NO MUNICÍPIO DE DOIS VIZINHOS – PR**

**QUALITY AND LANDSCAPE ANALYSIS OF PHYSICS  
PARKS AND SQUARES IN THE MUNICIPALITY OF DOIS VIZINHOS - PR**

**Silva M.<sup>1\*</sup>, Cabreira M. F.<sup>1</sup>, Bolzan R. C.<sup>1</sup>, Foquesatto C. F.<sup>2</sup>; Tavares E. L.<sup>3</sup>; Brun F.  
G. K.<sup>4\*\*</sup>**

<sup>1</sup> Alunos de Graduação de Engenharia Florestal -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Dois Vizinhos* (UTFPR -DV), [\\*marcielidasilva@hotmail.com](mailto:marcielidasilva@hotmail.com)

<sup>2</sup> Prof. do curso de Engenharia Ambiental – União de Ensino do Sudoeste do Paraná – (Unisep – DV)

<sup>3</sup> Aluno de graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Guarapuava

<sup>4</sup> Prof. Dra do Curso de Engenharia Florestal – (UTFPR - DV), \*\* [flaviaag@utfpr.edu.br](mailto:flaviaag@utfpr.edu.br)

**Resumo**

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação da qualidade paisagística e análise física dos parques e praças no município de Dois Vizinhos – PR, o levantamento foi feito através de diagnóstico executado por meio da aplicação de um formulário que compreende três levantamentos: quantitativo, avaliação qualitativa, quantitativo da vegetação, o levantamento dos equipamentos e estruturas existentes nas praças e nos parques, para tanto foi previamente estabelecido parâmetros fixos de avaliação como disponibilidade para uso, qualidade do material utilizado, manutenção, conforto, funcionalidade, entre outros. Ao todo foram analisadas 9 áreas verdes (parques e praças), entre os dias de 21 à 23 de setembro de 2013. Com tudo as áreas com melhor qualidade paisagística e física foram o Lago Dourado e a Praça Ary Jaime Muller, ainda assim são necessárias mudanças nestes locais. Os demais estão em sua maioria em péssimas condições de conservação.

**Palavras chave:** ambiente urbano, áreas verdes, cobertura vegetal, condições de conservação

**Summary**

The aim of this study was to review and analyze the physical landscape quality of the parks and squares in the city of Dois Vizinhos - PR, the survey was done through diagnosis performed by applying a form that consists of three surveys: quantitative, qualitative assessment, quantitative vegetation, the removal of equipment and structures in the squares and parks, was previously established for both fixed evaluation parameters such as availability for use, quality of material used, maintenance, comfort, functionality, among others. Altogether 9 green areas (parks and squares) were analyzed between days 21 to 23 September 2013. With all the areas with best quality landscape and physics were the Lago Dourado and Praça Ary Jaime Muller, they are still necessary changes these sites. The rest are mostly in poor storage conditions.

**Key-words:** Urban environment, green areas, mulching, storage conditions

## Introdução

O mundo se torna cada vez mais urbanizado, esperando-se que em 2025, 65% da população mundial esteja vivendo nas áreas urbanizadas. No Brasil aproximadamente 84% de toda população moram em áreas urbanizadas ou em processo avançado de urbanização. Sendo assim, novas abordagens tornam-se necessárias para que haja uma solução para os problemas oriundos do decréscimo da qualidade de vida e da qualidade ambiental nas cidades (IBGE, 2010).

A transformação do meio ambiente pelo homem esta gerando impactos no meio ambiente, constituindo na mudança paisagística, assim substituindo o cenário expressivo da cobertura vegetal que nela existia, pelo do casario e ruas com aglutinação de um contingente populacional (Christofolletti, 1994). Segundo Paiva & Gonçalves (2002), a distribuição inadequada ou a simples inexistência de áreas verdes em cada município pode ser considerado como um problema social, à medida que não atende em seu contexto a população nas alternativas de lazer, recreação e melhoria na qualidade climática como temperatura, sombreamento e melhor estabilidade no próprio meio.

Conforme Balensiefer & Wiecheteck (1987), as árvores desempenham simultaneamente vários benefícios essenciais à vida humana, melhorando notadamente as condições do meio urbano, visando que além da função decorativa estas propiciam um melhor sombreamento, auxíla na diminuição da poluição sonora, protegem contra os ventos fortes, agem sobre o bem-estar físico e psíquico do homem, já Paiva e Gonçalves (2002), consideram as árvores como elementos estruturadores fundamentais para a paisagem, sendo que elas delimitam-lhe os espaços e conferem-lhe uma escala, e quer seja no meio rural ou urbano, será sempre um dos elementos chaves da ambiência dos nossos quadros de vida.

De acordo com Cavalheiro & Del Picchia (1992), para que os espaços livres possam desempenhar de maneira satisfatória suas funções é necessário que sejam abordados de forma integrada no planejamento urbano, ou seja, que o paisagista tenha sua ação, tanto no nível da grande paisagem, bem como no nível do planejamento das cidades, sugerindo uma adequada disposição dos espaços urbanos, visando uma integração da natureza com a cultura do ser humano.

Um problema encontrado em muitos municípios que estão relacionados aos espaços públicos é o interesse político da administração municipal, levando o administrador a concentrar os benefícios na partes centrais ou mais próximas de malhas consolidadas evidenciando a construção das obras, gerando dividendos políticos e sendo usada como marco político da atual administração (Paiva & Gonçalves, 2002).

Quando se trata de planejamentos arbóreos ou paisagísticos muitos são as falhas humanas cometidas por ocasião do plantio e da escolha das espécies que muitas vezes são incompatíveis com determinado local, considerando que toda espécie pode ser viável desde que sejam consideradas suas características (Balensiefer & Wiecheteck, 1987).

Quando se observa mais atentamente a arborização no município de Dois Vizinhos – Paraná percebe-se que há um déficit de áreas públicas de qualidade para os residentes. De modo geral as espécies arbóreas utilizadas em praças públicas, bosques e ruas não são adequados para a arborização urbana. A pesquisa e o desenvolvimento são ferramentas importantes para evolução do planejamento, adequação implantação do manejo de árvores nas áreas urbanas, em decorrência disso, melhora a qualidade de vida da população e as condições de sustentabilidade do ambiente urbano, sendo assim o objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação da qualidade paisagística e análise física dos parques e praças no município de Dois Vizinhos – PR.

## Materiais e métodos

Para se concretizar este trabalho primeiramente foi realizado uma pesquisa bibliográfica em teses, dissertações, livros, artigos, revistas, jornais e artigos científicos na internet relacionados às áreas verdes urbanas, com o objetivo de buscar uma fundamentação teórica para a sustentação e elaboração da análise sobre dez áreas verdes urbanas de Dois Vizinhos – PR.

Em 28 novembro de 1961, Dois vizinhos foi elevado a município, inserido no terceiro planalto paranaense. Originalmente a vegetação vivente era ombrófila mista, com matas de araucária, sobretudo em locais com altitude superior a 500m, porem, pelo desenvolvimento da pecuária e agricultura, o município apresenta apenas fragmentos da vegetação original. Segundo o IBGE 2010, constata-se que o município conta com 36.059 habitantes (Portal Dois Vizinhos, 2013).

O levantamento foi feito através de diagnostico executado por meio da aplicação de um formulário (ficha 1) que compreende três levantamentos: quantitativo, avaliação qualitativa, quantitativo da vegetação.

Para classificar os aspectos da vegetação foi utilizado parâmetros adotados por Teixeira (1991):

- Bom: quando à vegetação não apresentava sinais de praga, doenças ou injúrias mecânicas;
- Satisfatório: quando a vegetações apresentava pequenos problemas de pragas, doenças, danos físicos, necessitando de poda;
- Ruim: quando se verificava severos danos provocados por pragas, doenças ou danos físicos;
- Morta ou com morte aparente.

Para caracterizar a qualidade paisagística foi utilizado os seguintes parâmetros:

- Bom: quando em condições de uso pleno, sem danos;
- Satisfatório: quando apresentavam pequenos danos, possibilitando o uso;
- Ruim: quando se apresentavam com danos que impossibilitavam o uso pleno (Teixeira, 1991).

A etapa seguinte da pesquisa é o levantamento dos equipamentos e estruturas existentes nas praças e nos parques, para tanto foi previamente estabelecido parâmetros fixos de avaliação, ou seja, as condições de conservação, disponibilidade para uso, qualidade do material utilizado, manutenção, conforto, funcionalidade, entre outros (Angelis, 2000):

- **Bancos:** estado de conservação, material empregado em sua confecção, conforto, localização ao longo dos caminhos, se em áreas sombreadas ou não, *design* e quantidade.
- **Iluminação:** alta ou baixa (em função da copa das árvores);
- **Lixeiras:** tipo, quantidade, localização, funcionalidade, material empregado e conservação;
- **Sanitários:** condições de uso, conservação e quantidade;
- **Telefone público:** localização, próximo ou distante de conservação;
- **Bebedouros:** quantidade, condições de uso, conservação;
- **Piso:** material empregado, funcionalidade, segurança e conservação;
- **Traçado dos caminhos:** funcionalidade, largura, manutenção e desenho.
- **Palco:** funcionalidade, conservação;
- **Monumento/estátua/busto:** significância da obra de arte; conservação;

- **Espelho d'água/chafariz/lagoa/lago:** em funcionamento, se inserido ou não no contexto da praça ou parque e conservação;
- **Estacionamento:** conservação, sombreamento e segurança;
- **Ponto de ônibus e de táxi:** se na praça ou parque, próximo ou distante de; presença ou não de abrigo e conservação;
- **Quadra esportiva:** quantidade, conservação, material empregado com iluminação e cercada;
- **Equipamentos para prática de exercícios físicos:** tipo e quantidade, conservação;
- **Estrutura para a terceira idade:** estruturas existentes e conservação;
- **Parque infantil:** estado de conservação;
- **Banca de revista:** localização – periférica ou central, em evidência ou não;
- **Quiosque para alimentação e/ou similar:** tipo - *trailer*, carrinho, construção em alvenaria;
- **Segurança:** em função da localização, frequência de pessoas, policiamento e conservação;
- **Conservação:** estado geral da praça ou parque - equipamentos, estruturas, varrição, limpeza;
- **Localização:** se próximo ou distante de centros habitados, facilidade de acesso.
- **Vegetação:** estado geral e manutenção.

Ficha 1: Levantamento dos aspectos quantitativos e qualitativos dos equipamentos, estruturas e vegetação existentes nas praças e parques do município de Dois Vizinhos – PR.

<b>NOME DA PRAÇA OU PARQUE:</b>						
<b>ALTITUDE:</b> liação: ____ / ____ / ____				<b>Data de ava-</b>		
<b>VEGETAÇÃO EXISTENTE:</b>				<input type="checkbox"/> Exótica <input type="checkbox"/> Nativa <input type="checkbox"/> Natural		
<b>PORTE E DENSIDADE DA VEGETAÇÃO:</b>				<input type="checkbox"/> arbóreo <input type="checkbox"/> arbustivo <input type="checkbox"/> rasteiro		
<b>COBERTURA DO SOLO:</b>				<input type="checkbox"/> Grama <input type="checkbox"/> Pavimentação <input type="checkbox"/> Solo nú <input type="checkbox"/> Outros		
<b>CONDIÇÕES DO RELEVO:</b>						
<b>ASPECTOS FÍSICOS DA VEGETAÇÃO:</b>				<input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> satisfatório <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> morte		
<b>TIPO DE OCUPAÇÃO NAS PROXIMIDADES:</b> <input type="checkbox"/> residencial <input type="checkbox"/> comercial <input type="checkbox"/> sem ocupação						
<b>QUALIDADE PAISAGÍSTICA:</b>				<input type="checkbox"/> boa <input type="checkbox"/> satisfatória <input type="checkbox"/> ruim		
<b>TIPO DE PAVIMENTAÇÃO:</b>						
<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Bom</b>	<b>Regu- lar</b>	<b>Ruim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Quantida- de</b>
Banco – Mate- rial						
Lixeiras						
Iluminação						
Sanitários						

Telefone público						
Bebedouro						
Ponto d'água						
Palco						
Espelho d'água – fonte						
Templo religioso						
Obra de arte						
Estacionamento						
Ponto de ônibus						
Ponto de taxi						
Quadra esportiva						
Aparelho de Exercícios físicos						
Equipamento para terceira idade						
Parque infantil						
Quiosque de alimentação						
Identificação do logradouro						
Segurança						
Banca de revistas						
Canteiros: ( ) Com meio-fio ( ) cerca- viva ( ) grades ( ) outros						
Aspecto geral da praça (Limpeza)						

Fonte: Adaptado de De Angelis (2000) por Bovo, M. C. (2006).

Ao todo foram analisadas 9 áreas verdes (parques e praças) sendo estas Praça Ary Jaime Muller, Praça da Amizade, Praça da liberdade, Praça Gregório Nicareta, Praça do lago da paz, Parque Lago Dourado, Parque Ecológico Girau Alto, Praça Dos Correios, Praça próxima ao Colégio Leonardo da Vinci entre os dias de 21 à 23 de setembro de 2013. Após o levantamento estas serão comparadas, para análise da qualidade das mesmas visando às considerações e a seriedade dessas áreas para a população no tocante à sua qualidade de vida, assim também em suas funções ambientais, sociais e estéticas que ajudam a diminuir a gama de propriedades negativas da urbanização.

### Resultados e discussão

Com o dado levantamento efetuado nas praças e parques de Dois Vizinhos é possível mostrar que todos estão próximos a residências e comércios. A chamada Praça dos Correios atendeu somente a dois dos quesitos analisados sendo esses a existência de bancos de concreto que ao todo somam dois e a iluminação que esta em bom estado, apresentou vegetação exótica rasteira em estado precário, sendo sua cobertura de solo grama e pavimento sendo aproximadamente 30% e 70 % respectivamente, contando também com um parque infantil em mal estado de conservação.

A praça ao lado do Colégio Leonardo da Vinci, chamada assim, pois não possui placa de identificação, apresentou vegetação tanto exótica como nativa com porte arbóreo e cobertura do solo com grama e pavimento sendo 20% e 80% aproximadamente estes com aspecto físicos não satisfatórios. Apresentou os seguintes equipamentos ponto de ônibus, quadra esportiva, aparelho de exercício físico para terceira idade, 2 bancos de concreto e iluminação sendo todos os equipamentos em bom estado de conservação.

O Parque Girau Alto mostrou vegetação existente nativa com portes variados desde rasteiro à arbóreo com aspecto satisfatório, sem cobertura de solo sendo este solo nu, sendo que este não apresentou nem um dos equipamentos requeridos pelo trabalho, estando em situação precária neste quesito.

A Praça Gregório Nicareta, apresentou templo religioso, 10 postes de iluminação, obra de arte, estacionamento e limpeza todos em condições adequadas de uso, porém os 2 sanitários, ponto de taxi e 3 lixeiras estão enviáveis para o uso sendo necessário uma readequação dos mesmos. Exibiu vegetação com porte arbóreo e rasteira com aspecto bom, porém poucas e cobertura do solo em sua maioria pavimentação tendo alguns vestígios de grama.

Parque Lago Dourado proporcionou bom aspecto da vegetação sendo esta de porte arbóreo e rasteiro sendo este último a cobertura do solo, tendo tanto espécies exóticas como nativas. Em relação os equipamentos em bom estado de conservação exibiu 12 bancos de madeira, fonte de água, limpeza, 2 sanitários, 30 postes de iluminação, ponto de água, estacionamentos, 15 aparelhos de exercício físicos para a terceira idade e quiosque de alimentação, porém as 4 lixeiras estão em estado precário e não apresenta guardas.

Praça da Amizade possui vegetação exótica e nativa com porte arbustivo e rasteiro, todavia com péssima qualidade paisagística e aspecto físico, cobertura do solo pavimento. Com tudo os 2 bancos de concreto, quiosque de alimentação e limpeza se mostraram adequados ao uso público, já a iluminação, sanitários, obra de arte, parque infantil e os canteiros com meio fio não atenderam as exigências exibidas no questionário.

A vegetação existente na Praça do lago da paz se mostra exótica e nativa com aspecto e qualidade paisagística ruins, cobertura do solo com gramado e pavimentação, com 8 aparelhos de exercício físicos viáveis, entretanto os 4 bancos de concreto, 4 postes de iluminação, 8 aparelhos de terceira idade, o parque infantil, aspecto geral da limpeza se mostraram regulares.

A Praça Ary Jaime Muller caracterizou-se com vegetação exótica e nativa com porte arbóreo e rasteira com aspecto físico e paisagístico bons, a cobertura do solo com gramado e pavimento, os equipamentos apresentados em bom estado para uso são 17 bancos de madeira, 7 lixeiras, 8 postes de iluminação, obra de arte, ponto de ônibus, ponto de taxi, parque infantil e a limpeza, por outro lado os 8 equipamentos para a terceira idade se mostraram em mal estado de conservação.

A Praça da liberdade mostrou-se com mínima vegetação arbórea e arbustiva, sendo estas exóticas com péssimos aspectos físicos e paisagísticos, com cobertura do solo com grama e pavimentação, o estacionamento, quadra esportiva, iluminação e limpeza atendem aos quesitos básicos necessários.

Estudos realizados por Matos *et al* (2013) evidenciam também a necessidade de melhora nas praças de Dois Vizinhos em termos de banco, lixeiras, brinquedos e aparelhos de ginásticas sendo os dois últimos itens os mais solicitados por 13,7% dos entrevistados de cada praça. Bebedouros ficaram com 14,29% dos pedidos e 9,18% sanitários públicos. Banca de jornal (2,55%) e pista de Cooper e quadras de esportes foram requisitadas por 1,53% de cada praça.

As praças são patrimônios essenciais no espaço urbano, atendem as mais variadas funções dentre elas a estética, o lazer, e ambiental. Todavia, a desarticulação e a falta de interesse do poder público para com o planejamento urbano e a infraestrutura mostram a ausência desses espaços (Bovo, 2011).

## Conclusão

Com tudo as áreas com melhor qualidade paisagística e físicas foram o Lago Douro e a Praça Ary Jaime Muller, ainda assim são necessárias mudanças nestes locais. Os demais estão em sua maioria em péssimas condições de conservação não capacitados para atender as exigências e necessidades da população local, sendo inópias melhorias, sobretudo nos equipamentos e nas áreas verdes.

## Bibliografia

- BALENSIEFER, Maurício. & WIECHETECK, Marcelo. Arborização de Cidades. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. Curitiba. 1987. 25p.
- BARBOSA, Valter L.; NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio F. Paisagem, ecologia urbana e planejamento ambiental. Geografia (Londrina) v. 18, n. 2, 2009
- BOVO, Marcos Clair; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Avaliação dos aspectos paisagísticos e de infraestrutura de áreas verdes urbanas: o caso de algumas praças de Maringá (PR) Brasil. I simpósio de estudos urbanos. 2011.
- CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P.C.D. - Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4 Vitória-ES, 1992. p.29-38.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical. In: Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica. São Paulo: Hucitec, 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – Censo 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: 15 de junho de 2010.
- MATOS, Aline, O.; GERMANO, Aline, D.; BRUN, Flávia, G. K. Análise da demanda de mobiliários utilitários para áreas verdes públicas do município de Dois Vizinhos-PR. 3º SEI-UTFPR. 11 de Setembro de 2013 - Câmpus Dois Vizinhos – PR.
- PAIVA, Haroldo Nogueira de. & GONÇALVES, Wantuelfer. Florestas Urbanas: Planejamento para Melhoria de Qualidade de Vida. Viçosa, MG. Série Arborização Urbana; v.2. 2002. 180p.
- PORTAL DOIS VIZINHOS. História do município de Dois Vizinhos. Disponível em: [http://www.portaldoisvizinhos.com.br/municipio\\_historia.asp](http://www.portaldoisvizinhos.com.br/municipio_historia.asp). Acesso em: 25 de setembro de 2013.
- TEIXEIRA, I. F. SANTOS, N. R. Caracterização das Áreas Verdes do Perímetro Urbano de Santa Catarina-RS. In: Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, e, 1991, Londrina. Anais... Londrina, 1991.

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, SANIDAD Y RESISTENCIA A HELADAS DE TRES HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* CON APLICACIÓN DE BIO ESTIMULANTES, TRICHOSOIL® Y BIOREND®, EN PLANTACIÓN**

**EVALUATION OF GROWTH, HEALTH AND FROST RESISTANCE OF THREE HYBRID OF *Eucalyptus grandis* WITH APPLICATION OF BIO STIMULANTS, TRICHOSOIL ® Y BIOREND ®, AT PLANTATION**

**Romero Graciela<sup>1</sup>, Rodríguez<sup>2</sup>, D ; Olivera Costa, V<sup>3</sup>**

1Ing. Agr Forestal Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay  
labgrom@gmail.com

2 Estudiantes de Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, .Montevideo, Uruguay.  
Deynafb@hotmail.com,

3Estudiantes de Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay  
vickyoco@hotmail.com

**Resumen**

El objetivo de este trabajo es evaluar crecimiento, sanidad y resistencia a heladas de tres híbridos de *E. grandis* con aplicación de bio estimulantes, *Trichoderma harzianum* (Trichosoil®) y Quitosano (Biorend®), en plantación, considerando la aplicación en dos tamaños de plantas. Comprende dos etapas, la primera realizada en el vivero forestal propiedad de Weyerhaeuser S.A, (Tacuarembó-Uruguay) y la segunda, ensayo a campo instalado en el Depto. de Rivera. Se realizó en el año 2013 un DBCA con arreglo factorial, los factores evaluados fueron: genotipos (GU8, GT529, GC514), dos tamaños (intermedios y grandes), y aplicación de Trichosoil® y Biorend® (testigo, una dosis, dos dosis). Resultando en 18 tratamientos (3\*2\*3) por bloque, con 3 repeticiones. Cada parcela (Unidad Experimental) tiene 30 plantines, a una densidad de 550 plantas/ha. Como resultado se obtuvo que no hubo diferencias significativas entre tamaño grande e intermedio, donde los mayores crecimientos se obtuvieron con una y dos dosis.

Palabras Claves: *Trichoderma harzianum*, Quitosano, altura, genotipos.

**Summary**

The objective of this study was to evaluate growth, health and frost resistance of three hybrids of *E. grandis* with application of bio stimulants, *Trichoderma harzianum* (Trichosoil ®) and Chitosan (Biorend ®), plantation, considering the application in two sizes plants. Comprises two stages, the first realized in the forest nursery owned by Weyerhaeuser SA (Tacuarembó - Uruguay ) and the second field trial installed in the apartment. Rivera. Was conducted in the year 2013, a RCBD factorial arrangement , the factors evaluated were: genotypes ( GU8 , GT529 , GC514 ), two sizes ( intermediate and large ) , and application of Trichosoil ® and Biorend ® (control , one dose , two doses ) . Resulting in 18 treatments ( 3 \* 2 \* 3 ) block with 3 replications . Each plot (EU ) has 30 seedlings at a density of 550 plants / ha. The obtained results showed no significant differences between large and medium size, where the highest increases were obtained with one and two doses .

Key words: *Trichoderma harzianum* , Chitosan, height, diameter , genotypes.



## Introducción

El paradigma agroecológico, como alternativa a los problemas causados por el uso no racional de los plaguicidas químicos, entre otros problemas relacionados con la agricultura intensiva, ha adquirido una mayor dimensión en el sector agrario a nivel mundial.

Durante los últimos años se ha incrementado la conciencia acerca de la necesidad de preservar los recursos naturales y el medio ambiente tanto para las generaciones actuales como para las futuras. En este contexto hoy en día los objetivos de la producción agrícola son brindar a los consumidores productos de calidad e inocuidad asegurada, producidos mediante métodos conservacionistas de los recursos naturales, respetuosos del medio ambiente (Mondino y Vero, 2006).

Para dar respuestas a las exigencias actuales de la sociedad, agricultores y técnicos deben implementar complejos sistemas de manejo integrado de las enfermedades, en los que se trata de minimizar el uso de funguicidas recurriendo a técnicas y productos de bajo impacto ambiental, respetando la salud de trabajadores y consumidores.

Se parte del supuesto de que no es posible destruir ni eliminar a las poblaciones de patógenos de plantas, sino que es necesario convivir con ellas manejándolas de tal modo que su interferencia con los cultivos sea menor permitiendo producir en forma comercial.

El control biológico de las enfermedades de plantas aparece como una herramienta indispensable al momento de diseñar y poner en práctica sistemas de manejo integrado. Este surge de la observación, estudio y conocimiento de la naturaleza misma.

El gran interés despertado por el control biológico de patógenos de plantas es una respuesta en gran parte a la creciente preocupación de la sociedad acerca del uso de pesticidas químicos.

Es una realidad que el uso indiscriminado de plaguicidas es la causa directa de la aparición del fenómeno de la resistencia de diferentes organismos, (adaptación de los patógenos a los productos químicos) y por consiguiente de la pérdida de su efectividad.

Ante esta situación, es común que los agricultores aumenten las dosis y preparen mezclas de varios plaguicidas, con frecuencia más tóxicos, por lo que el problema de la resistencia, lejos de solucionarse, se agrava (Pérez Consuegra, 2004).

El uso de funguicidas para controlar enfermedades en viveros forestales, presenta problemas de manejo tanto por su toxicidad como por la resistencia de los patógenos. Esto lleva a incrementar la cantidad de aplicaciones o su frecuencia sin lograr el efecto de control deseado para las enfermedades detectadas. En los viveros forestales son frecuentes los ataques por *Botrytis cinerea* y *Fusarium* spp. En producción de plantines de *Pinus* y *Eucalyptus*.

Se hará énfasis en el uso de *Trichoderma harzianum* como agente biocontrolador y como biopromotor del crecimiento vegetal en vivero y a campo, así como también la aplicación de quitosano como bioestimulante e inductor de resistencia.

En este marco se llevó a cabo esta investigación con el objetivo principal de evaluar crecimiento, sanidad y resistencia a heladas de tres híbridos diferentes de *E. grandis* con aplicación de bio estimulantes, *Trichoderma harzianum* (Trichosoil®) y Quitosano (Bio-rend®), en plantación, considerando la aplicación en dos tamaños de plantas (grandes e intermedios).

Existen evidencias científicas, que comprueban las propiedades de *Trichoderma harzianum* como agente biológico de biocontrol y estimulador del crecimiento de diferentes especies vegetales. Además otros estudios demuestran que el quitosano, es un biopolímero natural, utilizado en algunas actividades agrícolas, como bioestimulante e inductor de resistencia.

## Materiales y métodos

### Vivero

Esta investigación comprende dos etapas, la primera llevada a cabo en el vivero forestal propiedad de Weyerhaeuser S.A, y la segunda, un ensayo instalado en el establecimiento Buena Vista I, en el Depto. de Rivera.

En el mes de abril de 2013 se realizó un diseño completo al azar donde las variables aleatorias en estudio fueron altura del plantin (cm) y la relación altura y diámetro, con 3 tratamientos que consisten en diferentes genotipos (GU8, GT529, GC514), donde se seleccionaron al azar 75 plantines (siendo estos la unidad experimental), realizándose 75 repeticiones.

Se seleccionaron de dos tamaños (grandes e intermedios), y se procedió a realizar las mediciones de los parámetros diámetro de cuello y altura del plantin, mediante el uso de reglas y calibre, con el objetivo de poder determinar si efectivamente hay dos tamaños de plantines que será la base de estudio de este trabajo.

Las Hipotesis de interés a probar son:

Hipótesis biológicas:

- $H_0$ : los plantines que conforman los materiales evaluados presentan igual altura.
- $H_a$ : los plantines que conforman los materiales evaluados presentan diferente altura.

Hipótesis estadísticas:

- $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$
- $H_a: \exists$  al menos una  $\neq$  entre media

Hipótesis biológicas:

- $H_0$ : la utilización de las distintas aplicaciones de bio-estimulantes no tiene ningún efecto en la sanidad de los plantines.
- $H_a$ : la utilización de las distintas aplicaciones de bio-estimulante tiene un efecto diferencial en la sanidad de los individuos.

Hipótesis estadísticas:

- $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$
- $H_a: \exists$  al menos una  $\neq$  entre medias

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA), donde el criterio de decisión considerado fue:

- ✓ Si p valor es mayor a 0.05 No rechazo hipótesis nula ( $H_0$ ) con una probabilidad  $\beta$  de cometer error del tipo II.
- ✓ Si p valor es menor a 0.05 rechazo hipótesis nula ( $H_0$ ) con una probabilidad  $\alpha$  de cometer error del tipo I.

## Campo

En el mes de mayo de 2013 se llevó a cabo la segunda etapa de esta investigación, instalándose la plantación con los plantines evaluados en la etapa anterior.

En este caso se realizó un DBCA con arreglo factorial, donde los factores evaluados fueron: genotipos (GU8, GT529, GC514), dos tamaños (intermedios y grandes), y aplicación de Trichosoil® y Biorend®. (Testigo, una dosis, dos dosis). Resultando en 18 tratamientos (3\*2\*3) por bloque. Se instalaron 3 bloques de modo de reducir las variaciones, y dentro de cada bloque los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria e independiente.

Cada parcela (UE) tiene 30 plantines, plantados a una distancia de 5 x 3.6 m. (550 plantas/ha)

Durante el proceso de rusificación se perdieron 90 plantines correspondiente a la repetición 3, (gc514 - planta chica con 2 aplicaciones, gt529 - Planta chica con aplicación, gu8 - planta chica con aplicación). Por lo que se estudiara el modelo considerando como datos faltantes.

La suma de cuadrados que se considerara para el análisis será del tipo III.

Las hipótesis a probar en la etapa de campo son:

- Hipótesis biológica:
- Ho: el crecimiento de los diferentes materiales genéticos es similar.
- Ha: el crecimiento de los diferentes materiales genéticos es diferente.
- Ho: la utilización de las distintas aplicaciones de bio-estimulantes no tiene ningún efecto en la sanidad de los plantines.
- Ha: la utilización de las distintas aplicaciones de bio-estimulante tiene un efecto diferencial en la sanidad de los individuos.
- Ho: los individuos que reciben aplicaciones no difieren al testigo en cuanto a resistencia a heladas.
- Ha: los individuos tratados tienen mayor resistencia a heladas.

Primeramente se realizó una aplicación de *Trichoderma harzianum* y Quitosano en la fase de rustificación el 4 de mayo de 2013, el mismo día que las plantas salían al campo para ser trasplantada.

La segunda dosis de Trichoderma se aplicó el 24 junio de 2013 con mochila, siendo la dosis de *Trichoderma harzianum* (TRICHOSOIL) usada de 30 gm/Lts. Y 20gm/Lts. de quitosano (BIOREND).

El 19 de setiembre de 2013 se determinó en cada unidad experimental el número de plantines vivos y no vivos, cuantificando de esta manera la sobrevivencia a campo. Paralelamente se realizaron observaciones generales, con el fin de determinar el estado sanitario y partes de las plantas afectadas.

La última medición se realizó los días 16 y 17 de diciembre determinándose la altura de todos los individuos con una regla de 3m y el diámetro a la altura del cuello, con calibre, visualizándose además estado sanitario de los individuos.

En cada unidad experimental se realizó un conteo del número de plantines vivos y no vivos, cuantificando de esta forma la supervivencia a campo.

Paralelamente se realizaron observaciones generales, a los efectos de determinar de modo general el estado sanitario de los plantines.

Se visualizó además deficiencias nutricionales, dada la sintomatología presente en las plantas.

### **Resultados y discusión.**

Asociado con la etapa de vivero, se evidenciaron diferencias significativas entre los híbridos evaluados, para los parámetros altura y diámetro de cuello de plantín, dados los resultados obtenidos del análisis de varianza, p valor ( $<2e.16$ ) menor al  $\alpha$  considerado, se rechaza hipótesis nula con una probabilidad  $\alpha$  de cometer error de tipo I, por lo que existen diferencias significativas entre tamaños (ver anexo 1).

Se observó que las distintas aplicaciones de bio-estimulante tiene un efecto diferencial en la sanidad de los individuos, esto se determinó visualmente, donde prácticamente la totalidad de las plantas no presentaban síntomas de enfermedades de vivero.

Debido a la poca información a nivel nacional e internacional entorno a los efectos de la aplicación conjunta *Trichoderma harzianum* y quitosano en especies forestales, sobre todo a nivel de campo, es necesario establecer nuevas investigaciones. Por lo cual esta investigación es una base, para desarrollar herramientas que permitan reducir o eliminar el uso de productos químicos en la producción agropecuaria. Asociado con la etapa de campo se observó lo siguiente: los plantines al momento de salir de la fase de rustificación a campo presentaban en promedio dos tamaños diferentes, que se observan a continuación.

**Cuadro No1: Tamaños promedios por genotipo.**  
Sizes averages per genotype.

Genotipos	Tamaño 1 (cm)	Tamaño2(cm)
Gc514	20	11
Gt529	16	12
Gu8	16	11

### Estudio del crecimiento, variable analizada: altura

Respuesta de cada genotipo y cada tamaño a la aplicación de *Trichoderma harzianum* y Quitosano

Gen	tam	trich	lsmean	SE	Tukey
gc514	1	2	1.290883	0.0369729	A
gc514	1	0	1.284757	0.03849296	A
gc514	1	1	1.201513	0.0384909	A
gc514	2	1	1.313784	0.03994649	A
gc514	2	2	1.178698	0.0458815	B
gc514	2	0	1.177745	0.03904162	B
gt529	1	1	1.393123	0.03746672	A
gt529	1	2	1.233392	0.03941695	B
gt529	1	0	1.152955	0.04304547	C
gt529	2	2	1.240898	0.03746322	A
gt529	2	1	1.235508	0.04545564	A
gt529	2	0	1.159477	0.03937332	B
gu8	1	2	1.320349	0.03541711	A
gu8	1	1	1.203227	0.0399146	B
gu8	1	0	1.091947	0.0387708	C
gu8	2	0	1.178396	0.03650999	A
gu8	2	1	1.174138	0.05226529	A
gu8	2	2	1.162281	0.03881122	A

Para el genotipo gc514 tamaño grande se observó que no hubo un efecto en la variable altura frente a 1,2 y 0 dosis de *Trichoderma harzianum* y Quitosano. Mientras que para el tamaño chico se observó que hubo una respuesta mayor en la variable altura para una aplicación, mientras que no hubo diferencias entre los tratamientos que recibieron dos aplicaciones y los que no recibieron. Genotipo gt529 tamaño 1 hubieron diferencias significativas para las tres dosis aplicadas, con una aplicación de *Trichoderma harzianum* y Quitosano, presento una mayor respuesta al tratamiento, mientras que la menor respuesta fue cuando no se realizó aplicación. Genotipo gt529 tamaño 2, se observó que hubo una mejor respuesta en altura cuando se aplicó *Trichoderma harzianum* y quitosano. que cuando no se aplicó. Genotipo gu8 tamaño 1, hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos, respondiendo de mejor manera frente a 2 aplicaciones, observándose una menor respuesta cuando no se realizó aplicación. Genotipo gu8 tamaño 2, no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

## Estudio de Contrastes

gen	Tam	contraste	p value	Nivel de significancia	Diferencia
gc514	1	1 - 2	0.2154	ns	-0.089
gc514	1	0 - 1	0.2774	ns	0.083
gc514	1	0 - 2	0.9928	ns	-0.0061
gc514	2	0 - 2	0.9999	ns	-0.00095
gc514	2	1 - 2	0.0667	ns	0.135
gc514	2	0 - 1	0.0396	*	-0.13
gt529	1	0 - 2	0.3504	ns	-0.08
gt529	1	1 - 2	0.0094	*	0.159
gt529	1	0 - 1	0.0001	*	-0.24
gt529	2	1 - 2	0.9954	ns	-0.0053
gt529	2	0 - 2	0.2926	ns	-0.08
gt529	2	0 - 1	0.4124	ns	-0.07
gu8	1	1 - 2	0.0724	ns	-0.117
gu8	1	0 - 2	<.0001	**	-0.228
gu8	1	0 - 1	0.1124	ns	-0.11
gu8	2	0 - 1	0.9975	ns	0.004
gu8	2	0 - 2	0.9508	ns	0.016
gu8	2	1 - 2	0.9818	ns	0.0118

Genotipo gc514 tamaño 1, las comparaciones que se realizaron en los contrastes fueron, sin (0) y con una aplicación (1), sin aplicación (0) y dos aplicaciones (2), y entre una(1) y dos aplicaciones(2), donde se observó que no hubo diferencias significativas para ningún contraste. Genotipo gc514 tamaño 2, se observó que solo hubo una respuesta para el contrastes cero y una aplicación, con un valor estimado de 0.13m a favor de con una aplicación, mientras que para los dos contrastes restante no hubieron diferencias significativas. Genotipo gt529 tamaño 1, no se observó diferencias entre no aplicar o aplicar dos dosis, pero si se visualizó diferencias significativas para los contrastes, 1-2 aplicaciones, siendo el valor estimado de la variable altura de 0.16m a favor de una aplicación y 0-1 aplicación, donde sin aplicación fue inferior en 0.24m. Genotipo gt529 tamaño 2, ninguno de los contrastes dio significativos. Genotipo gu8 tamaño 1, no se observaron diferencias significativas entre los contrastes 0-1 y 1-2. Para el contraste 0-2, se observó 0.23m superior al realizar dos aplicaciones. Genotipo gu8 tamaño 2, no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Análisis de la variable altura considerando los dos tamaños, según genotipos y aplicación de *Trichoderma harzianum* y quitosano

gen	tam	Trich	lsmean	SE	Tukey
gc514	1	0	1.284	0.0384	A
gc514	2	0	1.177	0.039	B
gc514	2	1	1.313	0.039	A
gc514	1	1	1.201	0.038	B
gc514	1	2	1.29	0.037	A
gc514	2	2	1.178	0.0458	B
gt529	2	0	1.159	0.039	A
gt529	1	0	1.152	0.043	A
gt529	1	1	1.393	0.037	A
gt529	2	1	1.235	0.045	B
gt529	2	2	1.24	0.037	A
gt529	1	2	1.233	0.039	A
gu8	2	0	1.178	0.0365	A
gu8	1	0	1.091	0.0387	B
gu8	1	1	1.2	0.0399	A
gu8	2	1	1.174	0.0522	A
gu8	1	2	1.32	0.035	A
gu8	2	2	1.162	0.038	B

Para el genotipo gc514 con cero aplicación de *Trichoderma harzianum* y Quitosano, hay diferencias entre los tamaños. Cuando se realizó una aplicación el tamaño dos respondió mejor que el tamaño 1. Mientras que con dos aplicaciones el tamaño 1 se comportó mejor. Genotipo gt529, no hay diferencias significativas entre los dos tamaños evaluados. Al realizar una aplicación, quien respondió de mejor manera fue el tamaño 1, en cambio cuando se realizaron dos aplicaciones no hubo diferencias entre tamaños. Genotipo gu8, sin aplicación el tamaño 2 respondió mejor. Con una aplicación no hubo diferencias entre los tamaños. Para el caso de dos aplicaciones el tamaño 1 se comportó mejor.

## Sanidad

No se visualizaron daños por enfermedades a campo, pero si se constató daños por hormiga. (Ver detalles Anexo 2).

### Sobrevivencia a heladas (evaluación setiembre)

gen	tam	trich	P est	SD prom	Tukey
gc514	1	1	0.90	0.031	A
gc514	1	2	0.90	0.031	A
gc514	1	0	0.86	0.037	A
gc514	2	0	0.81	0.042	A
gc514	2	1	0.79	0.044	A
gc514	2	2	0.60	0.055	B
gt529	1	1	0.88	0.034	A
gt529	1	2	0.88	0.034	A
gt529	1	0	0.74	0.048	B
gt529	2	2	0.91	0.029	A
gt529	2	0	0.82	0.040	A
gt529	2	1	0.61	0.054	B
gu8	1	2	0.96	0.020	A
gu8	1	0	0.86	0.037	A
gu8	1	1	0.82	0.040	AB
gu8	2	0	0.95	0.022	A
gu8	2	2	0.83	0.039	A
gu8	2	1	0.45	0.055	B

Genotipo gc514 tamaño 1, no hay diferencias significativas, es decir la probabilidad de sobrevivencia de los individuos con las distintas dosis de *Trichoderma harzianum* y quitosano es la misma. Genotipo gc514 tamaño 2, hubo una respuesta positiva frente a ninguna y una aplicación pero una respuesta negativa al aplicar dos dosis. Genotipo gt529 tamaño 1, no hubieron diferencias significativas entre una y dos aplicaciones, es decir que la probabilidad de sobrevivencia fue mayor al aplicar *Trichoderma harzianum* y quitosano, siendo menor al no aplicar. Genotipo gt529 tamaño 2, al no aplicar o al aplicar dos dosis la respuesta fue positiva, mientras que con una dosis sola el valor de sobrevivencia fue menor.

Genotipo gu8 tamaño 1, no hubieron diferencias significativas entre dos y cero aplicación, sin embargo cuando se realizó una aplicación la sobrevivencia fue menor. Genotipo gu8 tamaño 2, no hubieron diferencias significativas entre cero y dos dosis de *Trichoderma harzianum* y quitosano, pero si se encontraron diferencias al aplicar una dosis siendo esta menor.



## Conclusiones

Considerando la primera hipótesis planteada en la etapa de vivero, vemos que los plantines que conforman los tres materiales evaluados presentaron diferencias significativas para la variable altura, es decir que efectivamente se cuenta con materiales grandes e intermedios.

La aplicación de *Trichoderma harzianum* y quitosano en los diferentes genotipos tiene un efecto diferencial en la sanidad de los individuos, donde en la totalidad de las plantas no se visualizaron síntomas de enfermedades, tanto en vivero como a campo.

Con respecto al crecimiento se observa que el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y quitosano, es diferente según la combinación tamaño-genotipo-aplicación.

La probabilidad de sobrevivencia se vio afectada por la triple interacción, dependiendo de la combinación tamaño-genotipo-aplicación.

## Bibliografía

- AGRIOS, G.N. 2004. Plant Pathology. 5th ed. San Diego, California, Elsevier/Academic Press. 992 p.
- Bioagro S.A. Chile. S.f. ANTECEDENTES TECNICOS DE BIOREND Inducción de resistencia en plantas a enfermedades, insectos, nemátodos y al stress a través de una formulación de Quitosano (en línea). 22p. Octubre 2013.  
<http://www.biorend.cl/files/ANTECEDENTES%20TECNICOS%20BIOREND.pdf>
- Boffano Chebataroff, A.; Mosqueira Campos, M. 2012. Evaluación de la respuesta de cinco híbridos de *Eucalyptus grandis* con *Trichoderma harzianum* y quitosano en vivero y plantación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86p.
- Lage y Cía. S.A. Producto comercial TRICHOSOIL® disponible en: <http://www.lageycia.com/esp/> consultado set 2013.
- MONDINO, P.; VERO, S. 2006. Control biológico de patógenos de plantas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 158 p.
- Pérez Consuegra N. 2004. Manejo Ecológico de Plagas. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural-CEDAR. La Habana, Cuba. Pag 1-296. Consultado en set 2013.

Anexo 1  
ANAVA.

**Cuadro No 2: Análisis de Varianza para los Genotipos GC514, GU8 Y GT529**

F de V GC514	Gl	SC	CM	F valor	P valor
Tamaño	1	2823.6	2823.6	775	<2e-16 ***
Residuales	148	539.2	3.6		

F de V GU8	Gl	SC	CM	F valor	P valor
Tamaño	1	1023	1023	200.3	<2e-16***
Residuales	148	756	5.1		

Fde V GT529	gl	SC	CM	F valor	P valor
Tam	1	439.3	439.3	109.1	<2e.16***
Residuales	148	596.1	4.0		

Nivel de significancia: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.

En estos tres ANAVA podemos observar que p valor ( $2e-16$ ) es menor que el  $\alpha$  considerado, se rechaza  $H_0$  con una probabilidad  $\alpha$  de cometer error de tipo I, por lo que significativamente existen dos tamaños de plantines diferentes (grandes e intermedios).

**Anexo 2**

<b>Genotipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>T. harzianum y quitosano</b>	<b>plantas vivas/total</b>	<b>Daño por hormigas</b>
<b>Gu8</b>	1	0	84/90	-----
<b>Gu8</b>	1	1	41*/90	-----
<b>Gu8</b>	1	2	73/90	-----
<b>Gu8</b>	2	0	75/90	-----
<b>Gu8</b>	2	1	72/90	0.056
<b>Gu8</b>	2	2	87/90	-----

<b>Genotipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>T. harzianum y quitosano</b>	<b>Plantas vivas/total</b>	<b>Daño por hormigas</b>
<b>Gc514</b>	1	0	71/90	-----
<b>Gc514</b>	1	1	70/90	-----
<b>Gc514</b>	1	2	53*/90	0.057
<b>Gc514</b>	2	0	75/90	-----
<b>Gc514</b>	2	1	79/90	-----
<b>Gc514</b>	2	2	79/90	-----

<b>Genotipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>T. harzianum y quitosano</b>	<b>plantas vivas/total</b>	<b>Daño por hormigas</b>
<b>Gt529</b>	1	0	72/90	-----
<b>Gt529</b>	1	1	54*/90	-----
<b>Gt529</b>	1	2	80/90	-----
<b>Gt529</b>	2	0	65/90	-----
<b>Gt529</b>	2	1	77/90	-----
<b>Gt529</b>	2	2	77/90	-----

**BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE BOSQUES:  
FUNCIONES POTENCIALES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES**

**FOREST BIODIVERSITY AND CONSERVATION IN AGRICULTURAL LAND-  
SCAPES: POTENTIAL ROLE OF AGROFORESTRY SYSTEMS**

**Wendy Francesconi<sup>1</sup> y Florencia Montagnini<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Investigadora Ecológica, National Soil Erosion Research Laboratory, 275 S Russell Street, West Lafayette, IN 47907, USA, E-mail: Wendy.Francesconi@ars.usda.gov

<sup>2</sup>Investigadora Científica, Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, 360 Prospect St. New Haven, CT 06511

**Resumen**

Las áreas protegidas no son suficientes para la conservación de la biodiversidad cuando éstas se encuentran aisladas a causa de actividades humanas. Este trabajo hace una revisión de la literatura que trata el tema de los Sistemas Agroforestales (SAF) como estrategias ecológicas (zonas de amortiguamiento, corredores, y trampolines ecológicos) para restaurar la conectividad funcional del paisaje y así favorecer la conservación de especies de vida silvestre. Se encontró un total de 286 publicaciones de las cuales la mayoría (80%) presenta a los SAF como posibles corredores ecológicos. Los SAF más comúnmente estudiados por sus posibles contribuciones para incrementar la conectividad del paisaje forestal son los cultivos perennes bajo sombra (39%), las cercas vivas (39%), y los bosques ribereños (22%). Concluimos que independientemente del tipo de práctica, la calidad y cobertura vegetal de los SAF puede servir como un indicador de su potencial como estrategia agroecológica para favorecer la conectividad del paisaje forestal.

**Palabras Clave:** conectividad funcional, corredores ecológicos, ecología del paisaje, trampolines ecológicos

**Summary**

Protected areas are not sufficient for the conservation of forest biodiversity when forests are isolated due to human activities. This review examines the use of Agroforestry (SAF) as an ecological strategy (buffer zones, corridors, and stepping stones) to restore the functional connectivity of forest fragments in the landscape and favor the conservation of wildlife. A total of 286 publications were identified, of which about 80% discussed the use of SAF as ecological corridors. The most common SAF examined for their potential contribution to improve landscape connectivity were shaded perennial crops (39%), living fences (39%), and riparian buffers (22%). We concluded that independently of the type of agroforestry practice, the quality and quantity of the vegetative coverage could be used as an indicator to evaluate their potential as an agroecological strategy for improving the functional connectivity of the agricultural landscape.

**Key words:** ecological corridors, functional connectivity, landscape ecology, stepping stones

## Introducción

La conversión de hábitats naturales para la agricultura es un disturbio antropogénico que altera los procesos ecológicos no sólo a nivel de parcela, sino también a nivel de paisaje. A medida que el paisaje natural es modificado, los fragmentos de hábitat natural se reducen y se aíslan (Fahrig 2003). Esta conversión amenaza la persistencia de especies nativas de plantas y animales en regiones agrícolas. La incorporación de los Sistemas Agroforestales (SAF) en el paisaje agrícola podría servir como estrategia para minimizar el impacto de la agricultura sobre los procesos ambientales y ecológicos (Jose 2012). La rehabilitación de los paisajes agrícolas a través de la siembra de árboles y otras especies perennes podría restablecer interacciones ecológicas y ciclos biogeoquímicos que se han perdido durante la deforestación y consecuente introducción de monocultivos.

Debido a la pérdida de especies a causa de la expansión de las prácticas agrícolas (Kumaraswamy y Kunte 2013), existe actualmente interés por los beneficios ecológicos de los SAF relacionados con la conservación de la biodiversidad (Schroth *et al.* 2004). El número de estudios enfocados en la investigación del efecto de los SAF sobre la conservación de especies ha aumentado en la última década. Ediciones especiales en revistas científicas como *Ecology* (Abril, 2008) o *Biodiversity and Conservation* (Febrero, 2006), han sido dedicadas a la comparación de los SAF con otros usos de la tierra para la conservación de especies. Además, revisiones de la literatura han sido publicadas compilando los resultados de estudios donde se evalúa la presencia de especies de diferentes grupos taxonómicos de plantas y animales en diferentes tipos de SAF (Bhagwat *et al.* 2008).

El presente trabajo compila publicaciones que examinan a los SAF como estrategia para incrementar la conectividad funcional del paisaje fragmentado y facilitar el movimiento de especies de vida silvestre. Se plantea la hipótesis de que los SAF que son caracterizados por su mayor similitud a las áreas naturales, son los que más favorecen el movimiento de especies de animales. Aplicando los conceptos de ecología de paisaje a las distintas prácticas agroforestales, esta revisión tiene como objetivo 1) hacer un resumen de la literatura que estudia los SAF como estrategias para favorecer la conectividad del paisaje, y 2) analizar tres estudios de caso donde los SAF son evaluados como zonas de amortiguamiento, corredores biológicos, y trampolines ecológicos. De esta manera se podría concluir qué tipos de SAF pueden ser más útiles como estrategia para favorecer la conectividad del paisaje agrícola fragmentado en América Latina

## Métodos

Se realizó una revisión de la literatura en la base de datos ISI Web of Knowledge (la cual provee acceso a Web of Science, ISI Proceedings, BIOSIS Previews, MEDLINE, Web CitationIndex, and JournalCitationReports). La búsqueda en la base de datos se llevó a cabo en Noviembre 2013, y las palabras clave utilizadas incluyeron “Agroforestry”, “Buffer Zone”, “Corridor”, and “SteppingStones”. Se realizaron tres búsquedas combinando la palabra “Agroforestry” con una de las otras tres. Entre las publicaciones listadas, se identificaron los estudios que comparaban la diversidad de especies o movimiento de organismos en los SAF con sistemas de monocultivo y/o naturales, haciendo énfasis en Latinoamérica. La presente revisión de la literatura no pretende ser una lista completa de estudios, ya que no se incluyeron trabajos en otras bases de datos o que no fueran escritos en inglés, español, o portugués.

La revisión de la literatura se enfoca en tres de las estructuras propuestas por la ecología del paisaje: zonas de amortiguamiento, corredores biológicos, y trampolines ecológicos. Las zonas de amortiguamiento se refieren a ecosistemas de borde, los cuales son áreas de transición (ecotonos) que forman un perímetro alrededor de áreas protegidas. Las zonas de amortiguamiento minimizan efectos del exterior (tales como actividades humanas, polución, o quemas) (Bennett y Mulongoy 2006). Los corredores ecológicos son áreas que conectan fragmentos del mismo hábitat, y que difieren de la vegetación que los rodea (Forman 1995). Los trampolines ecológicos son parches de menor tamaño y de similar vegetación al de los fragmentos que éstos conectan (Baum *et al.* 2004). Entre las publicaciones producidas en Latinoamérica, tres estudios que describen a los SAF como estructuras en ecología del paisaje para la conservación de especies se analizaron como estudios de caso.

## Resultados y discusión

Se encontró un total de 286 publicaciones sobre las funciones de los SAF a nivel de paisaje (Tabla 1). Entre éstas, 46 (16%) fueron de estudios realizados en Latinoamérica. La mayoría (80%) del total de publicaciones sobre SAF y conectividad del paisaje se refieren a su función como corredores ecológicos. Sin embargo, entre los 18 (6%) estudios hechos en Latinoamérica, solamente 6 (2%) examinan el movimiento de organismos a través de los SAF para comprobar su uso como zonas de amortiguamiento, corredores, y trampolines ecológicos.

**Tabla 1: Cantidad de publicaciones sobre funciones de los SAF a nivel de paisaje, basada en revisión de la literatura en la base de datos ISI Web of Knowledge.**

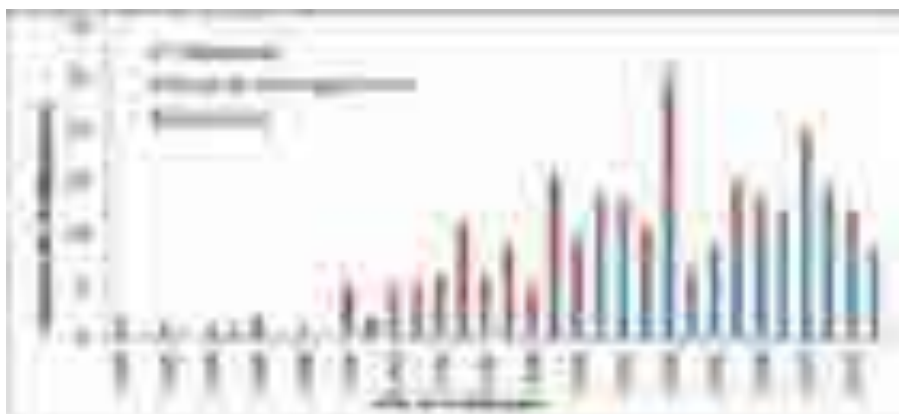
**Table 1: Number of publications found in ISI Web of Knowledge on SAF and functional connectivity.**

Palabras Clave	Total de Publicaciones	Estudios en Latinoamérica	Estudios de Comparación de Abundancia entre Sitios	Estudios de Movimiento
SAF y Zonas de Amortiguamiento	103	12	1	1
SAF y Corredores Ecológicos	172	37	14	4
SAF y Trampolines Ecológicos	11	8	3	1
<b>Total</b>	<b>286</b>	<b>46</b>	<b>18</b>	<b>6</b>

Ya que los SAF no son áreas naturales y no pueden reemplazar los servicios de éstas, su uso como herramientas para la conectividad del paisaje tiene que analizarse desde un gradiente agrícola. Por ello, cuando los conceptos en ecología del paisaje son aplicados a los SAF, éstos son más ambiguos y pueden tener otros significados. Por ejemplo, algunos de los artículos que comparan la diversidad de especies entre distintos usos de la tierra fueron listados con las palabras claves “SAF y Corredores” (Redondo-Brenes y Montagnini 2010, Williams-Guillen y Perfecto 2010). Sin embargo, de acuerdo a la configuración de las parcelas en el paisaje, en algunos casos los SAF funcionaban como zonas de amortiguamiento, y no como corredores ecológicos (según el concepto de corredor anteriormente descrito). Ya sea porque los autores describen el uso de los SAF como corredores, o porque este término es utilizado en el artículo, no existe una clara definición de lo que significa un corredor, una zona de amortiguamiento, o un trampolín ecológico agroforestal para el desplazamiento de especies.

Por otra parte, algunos de los artículos listados utilizan el término “zona de amortiguamiento” para denominar áreas de filtración de agroquímicos en parcelas agrícolas, lo cual difiere del concepto de conectividad funcional en ecología del paisaje (Pankau *et al.* 2012). Más aún, el término “corredor ecológico” se utiliza comúnmente para definir regiones conformadas por múltiples usos de la tierra, donde existe un alto porcentaje de fragmentos de bosque no necesariamente contiguos, y por donde tienden a desplazarse los animales silvestres (Redondo-Brenes y Montagnini 2010).

Aunque no parece haber consenso acerca de cómo definir y clasificar el uso de los SAF como estructuras para incrementar la conectividad del paisaje, no obstante éstos han sido sugeridos como estrategias para la conservación de especies naturales por más de dos décadas (Altieri y Delate 1992). Sin embargo, los esfuerzos en evaluar las contribuciones de los SAF para la conectividad funcional del paisaje son más recientes, como se puede ver en la figura 1.



**Figura 1: Distribución cronológica de publicaciones usando las palabras clave “Agroforesteria”, “Corredor”, “Zona de Amortiguamiento” y “Trampolines Ecológicos”. Un total de 18 (6%) estudios publicados entre 1979 y 1948 no fueron incluidos en la figura.**

**Figure 1: Chronological distribution of publications found using the words “Agroforestry”, “Corridor”, “Buffer Zone”, and “Stepping Stone”. A total of 18 (6%) of the studies published between 1979 and 1948 were not included.**

### **Funciones de diferentes prácticas de SAF sobre la conectividad del paisaje**

En general, el número de estudios sobre el papel de los SAF en la conectividad funcional del paisaje es mayor en otras regiones geográficas que en Latinoamérica. Por ejemplo, el trabajo de Haas (1995) es uno de los primeros estudios que ofrece datos de movimiento de aves en bosques ribereños y cortinas rompe vientos en los Estados Unidos. Haas concluye que el movimiento de especies en bosques ribereños como corredores y trampolines ecológicos fue varias veces mayor en éstos (dependiendo de la distancia), que en áreas no conectadas por ellos.

Entre los estudios hechos en Latinoamérica, Francesconi et al. (2011) describen el uso de cercas vivas para incrementar la conectividad del paisaje en aves. A pesar de que el número de especies de aves típicas de bosque disminuyó con mayor distancia al bosque, ciertas características de las cercas vivas fueron significativas para el uso y posible desplazamiento de éstas. Además de la distancia, el diámetro de la copa, el diámetro del tronco, y la diversidad de los árboles en las cercas vivas, fueron variables significativas estimando el número de especies de aves en el paisaje agrícola. Los resultados sugieren que las cercas vivas con mayor diversidad y con mayor cobertura vegetal, pueden proporcionar hábitat durante el desplazamiento de especies típicas de bosque.

Existen también varios estudios en zonas templadas que evalúan el uso de setos para la conectividad del paisaje agrícola (Davies y Pullin 2007). Aunque no necesariamente son descritos como SAF, los setos son cercas vivas con arbustos y son una práctica agroforestal común en zonas templadas. Entre los estudios listados, Davies y Pullin (2007) hacen una revisión de la literatura sobre la función de los setos para favorecer el movimiento de animales. Ellos concluyen que en el 44% de los casos, el desplazamiento de especies (con algunas excepciones como el lirón gris- *Glis glis*, o aves de mayor tamaño) estuvo positivamente correlacionado con la complejidad estructural y la cobertura vegetal (número de setos) en el paisaje.

Así como los setos, muchas prácticas agroforestales incorporan árboles o arbustos en los cultivos o pasturas. En general, las prácticas agroforestales incrementan el número de árboles en el paisaje agrícola, los cuales se asumen son usados por la fauna y flora para desplazarse (Schroth *et al.* 2004). Las prácticas de SAF más estudiadas por su potencial función en ecología del paisaje son los cultivos perennes (café, cacao, etc.) bajo sombra (39%), las cercas vivas (o setos) (39%), y los bosques ribereños (22%). Los estudios que demuestran una mayor presencia de especies de vida silvestre en los SAF que en monocultivos agrícolas, sugieren que éstos son preferidos como hábitat para desplazamientos locales (Gabriel y Pizo 2005). Por lo tanto la presencia de especies típicas de áreas naturales en los SAF se interpreta como un indicador de la restauración de los servicios ecológicos por parte de éstos. Sin embargo, para confirmar este supuesto es necesario demostrar que el movimiento realmente ocurre a través de los SAF. Pero son pocos los estudios que hasta ahora han evaluado los SAF usando metodologías apropiadas.

### **Caso de estudio 1. Los SAF como zonas de amortiguamiento**

Un estudio realizado por Williams-Guillén y Perfecto (2010) muestra datos de presencia/ausencia y recaptura de murciélagos en Chiapas, México. Los autores compararon la riqueza de especies de acuerdo a los hábitos alimenticios en distintos usos de la tierra. El paisaje en esta región está compuesto por cultivos de café con diferentes niveles de sombra (alto, medio y bajo), y de pequeñas áreas remanentes de bosque. Los resultados demuestran una mayor diversidad de especies de murciélagos en el bosque y en los cafetales de mayor cobertura vegetal (alta y media). Sin embargo, la composición de especies de murciélagos fue diferente entre el bosque y los cafetales, y entre los cafetales con alta cobertura vegetal y aquellos con baja cobertura.

Los datos de movimiento reportados por Williams-Guillén y Perfecto (2010) revelan que el porcentaje de individuos recapturados fue relativamente bajo (3%). La mayoría de las recapturas ocurrieron en el bosque (45%), seguidas por los cafetales con alta densidad de árboles (29%). Aunque los movimientos de los murciélagos no fueron examinados en detalle, su preferencia por las áreas con mayor cobertura vegetal comprueba el uso de estas áreas para sus desplazamientos. Los autores sugieren que los cafetales con sombra de alta cobertura vegetal funcionan no sólo en el desplazamiento, sino también como hábitat permanente para los murciélagos.

## **Caso de estudio 2. Los SAF como corredores ecológicos**

Redondo-Brenes y Montagnini (2010) compararon el uso de los SAF por aves dentro del Corredor Biológico Paso de la Danta, al sur de Costa Rica, el cual forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano. Con un total de 82.000 ha, el corredor está compuesto por diferentes hábitats, incluyendo bosques, sistemas agroforestales (huertos familiares y sistemas silvopastoriles) y otros usos de la tierra. Los resultados del conteo de aves mostraron que los barbechos forestales (con 155 especies), los bordes de bosques (154), los huertos familiares (148), y los sistemas agrosilvopastoriles (143) eran los usos de la tierra que albergaban la mayor cantidad de especies (Redondo Brenes y Montagnini 2010).

La riqueza de especies en los SAF mostró valores intermedios, reflejando así una complejidad ecológica mayor que la de los monocultivos, pero menor que la de las reservas biológicas presentes en el corredor (Redondo-Brenes y Montagnini 2010). En cuanto a la composición de especies de aves, se mostró una mayor semejanza de los SAF con monocultivos y las áreas residenciales, que con las áreas naturales. Al igual que los valores intermedios de riqueza de especies, estos resultados también son característicos de muchos SAF que albergan especies generalistas y comunes de áreas abiertas (Bhagwat *et al.* 2008, Francesconi *et al.* 2011).

Una mayor semejanza en la composición de especies con las áreas de monocultivo, sugiere que existen limitaciones en el papel de los SAF para favorecer la conservación de especies de vida silvestre. Sin embargo, los autores reportan que entre las especies de mayor importancia para su conservación, casi la mitad (45%) fueron encontradas en los SAF.

Además, los autores señalan la importancia de los huertos familiares y sistemas agrosilvopastoriles como hábitat para un 70% de la diversidad de aves de esa región, incluyendo el papagayo rojo (*Ara macao*), la cual es una especie en peligro de extinción en Costa Rica. A pesar de albergar especies comunes de áreas abiertas, los autores concluyen que la presencia de especies típicas de bosque en los SAF se puede tomar como un indicador de conectividad del paisaje (Redondo-Brenes y Montagnini 2010).

## **Caso de estudio 3. Los SAF como trampolines ecológicos**

El papel de los SAF (huertos familiares y café bajo sombra) como trampolines ecológicos fue evaluado en Pontal do Paranapanema, en el estado de São Paulo, Brasil (Francesconi 2011). Utilizando una metodología de marca-recaptura, mariposas frugívoras fueron atrapadas en fragmentos de bosque. Estas fueron marcadas, trasladadas, y liberadas en el punto medio del mosaico agrícola, localizado entre dos fragmentos de bosque. El movimiento de las mariposas entre los distintos usos de la tierra fue monitoreado a través de una red de trampas que cubría el paisaje. Al igual que en el estudio de Williams-Guillén y Perfecto (año), el número de recapturas fue bajo en comparación con las capturas totales (9%). Los resultados indicaron que el mayor número de recapturas de mariposas ocurrió en los huertos familiares (23%), sin embargo, debido a la variabilidad entre las parcelas, no hubo diferencias significativas entre los huertos y los demás usos de la tierra. Por otro lado, las recapturas en las parcelas de café con sombra fueron similares a las recapturas en el borde de bosque, y éstas a su vez fueron significativamente mayores a las de la pastura (matriz) y los monocultivos con caña de azúcar.



Los resultados sugieren que las mariposas típicas de bosque al ser liberadas en un hábitat hostil (como las pasturas) no diferencian entre una parcela de café con sombra y un área de borde de bosque. Por lo tanto se concluye que al salir de un hábitat apto (como el bosque) en busca de nuevos recursos, las mariposas utilizarían las parcelas de café con sombra como trampolines ecológicos para desplazarse en el paisaje agrícola.

El uso de los huertos familiares como trampolines ecológicos es más ambiguo, y los resultados no llevaron a conclusiones concretas sobre su función incrementando la conectividad del paisaje para las mariposas frugívoras de bosque (Francesconi 2011).

## **Conclusiones**

Dada la variabilidad de los paisajes agrícolas, de los SAF y de los requisitos ambientales de las distintas especies, es difícil hacer generalizaciones sobre el papel de los SAF en la conectividad funcional del paisaje. Según los estudios descritos en esta revisión, el nivel de cobertura vegetal es el factor más fuertemente asociado con el desplazamiento de especies en el paisaje agrícola. Es posible que el nivel de cobertura vegetal, más que la complejidad ecológica de los SAF y su similitud a las áreas naturales, favorezca el movimiento de animales en el paisaje agrícola. De esta forma independientemente del tipo de SAF (cerca viva, bosque ribereño, huerto familiar, etc.), el nivel de cobertura vegetal puede servir como indicador para evaluar la capacidad de los SAF para fomentar el desplazamiento de especies de vida silvestre.

La condición de los SAF como usos de la tierra con fines agrícolas, limita su condición como hábitat permanente para la mayoría de las especies de vida silvestre. El éxito de los SAF como estrategia para favorecer la conectividad del paisaje no sólo radica en facilitar el movimiento de especies, sino también en comprobar que éstos no funcionan como sumideros ecológicos. Los SAF son efectivamente utilizados por algunas especies típicas de bosque para desplazarse, pero estos movimientos tienden a ser menos frecuentes de lo que la literatura hasta ahora ha sugerido.

Es necesaria una mayor claridad en cómo definir y clasificar las prácticas de SAF como herramientas para desarrollar programas de conservación a nivel del paisaje. Hasta el momento, no existe un consenso en cómo aplicar los conceptos en ecología del paisaje a los SAF. Los estudios disponibles proporcionan casos y evidencias sobre la evaluación de los SAF como herramientas para favorecer la ecología del paisaje. Dada la gran variabilidad de prácticas y de especies de interés, es preciso disponer de un mayor número de estudios experimentales para enfocar esfuerzos para la conservación de las especies más vulnerables.

## Bibliografia

- Altieri, MA; Delate, KM. 1992. The landscape ecology of agroforestry systems an example from California. *Bulletin of the Ecological Society of America* 73: 96-96.
- Baum, KA; Haynes, KJ; Dilleuth, FP; Cronin, JT. 2004. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. *Ecology*, 85(10):2671-2676
- Bennett, G; Mulongoy, KJ. 2006. Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23
- Bhagwat, SA; Willis, KJ; Birks, HJB; Whittaker, RJ. 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution* 23: 261-267.
- Davies ZG, Pullin AS. 2007. Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. *Landscape Ecology* 22: 333-351.
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34:487-515.
- Forman, RTT. 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press 19 p.
- Francesconi, W. 2011 Assessing Landscape Connectivity Using Butterfly Distribution and Disseminating Agroforestry Technologies in Agrarian Settlements in Brazil. Doctoral dissertation, University of Florida. Available <http://ufdc.ufl.edu/UFE0043608/00001>
- Francesconi, W; Montagnini, F; Ibrahim, M. 2011. Living fences as linear extensions of forest remnants: a strategy for restoration of connectivity in agricultural landscapes. *In: Montagnini, F; Finney, C (Eds.). Restoring degraded landscapes with native species in Latin America*. New York. Nova Science Publishers, p. 115-126
- Gabriel, V de A; Pizo, MA. 2005. The use of fencerows by birds in a fragmented landscape of the Atlantic Rainforest. *Natureza & Conservação* 3: 79-89(Pt), 182-192(En).
- Haas CA. 1995. Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on an agricultural landscape. *Conservation Biology* 9:845-854.
- Jose, S. 2012. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity. *Agroforestry Systems* 85:1-8.
- Kumaraswamy, S; Kunte, K. 2013. Integrating biodiversity and conservation with modern agricultural landscapes. *Biodiversity and Conservation* 22:2735-2750.
- Pankau, RC; Schoonover, JE; Williard, KWJ; Edwards, PJ. 2012. Concentrated flow paths in riparian buffer zones of southern Illinois. *Agroforestry Systems* 84:191-205.
- Redondo-Brenes, A; Montagnini, F. 2010. Contribution of homegardens, agrosilvopastoral systems, and other human-dominated land-use types to the avian diversity of a biological corridor in Costa Rica. *Advances in Environmental Research* 2(2):111-148.
- Schroth, GA; Fonseca, G; Harvey, C; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. (Eds.). 2004. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington DC, USA, Island Press.
- Williams-Guillen, K; Perfecto, I. 2010. Effects of agricultural intensification on the assemblage of leaf-nosed bats (Phyllostomidae) in a coffee landscape in Chiapas, Mexico. *Biotropica* 42:605-613.

**ANÁLISIS DE MÉTODOS DE ESTRATIFICACIÓN VERTICAL EN UN BOSQUE  
SUBTROPICAL, MISIONES – ARGENTINA**

**ANALYSIS OF VERTICAL STRATIFICATION METHODS IN SUBTROPICAL  
FOREST, MISIONES-ARGENTINA.**

**Velazco, Santiago José Elías<sup>1</sup>; Keller, H. A.<sup>2</sup>; Bedrij N. A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná. Av. Pref. Lothário Meissner 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná – Brasil; [sjvelazco@gmail.com](mailto:sjvelazco@gmail.com); [nabedrij@gmail.com](mailto:nabedrij@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124, km3 – Eldorado – Misiones – Argentina; [kellerhector@hotmail.com](mailto:kellerhector@hotmail.com)

**Resumen**

El presente estudio tuvo como objetivo analizar tres diferentes métodos de estratificación vertical en bosque subtropical Semidecidual dentro de la Reserva Privada Osununú, en el municipio de San Ignacio, Misiones, Argentina. Fueron empleados 48 parcelas cuadradas de 100 m<sup>2</sup>, en las cuales fueron medidas las alturas de todos los individuos con PAP  $\geq 10$  cm. Los métodos analizados fueron: el de clasificación de la IUFRO, diagrama h-M, y análisis de agrupamiento. Para cada uno de los métodos fue realizado un análisis discriminante. El método IUFRO fue el que presentó un mayor porcentaje de alturas correctamente clasificadas, pero solamente con dos individuos en el último estrato. En segundo lugar estuvo el análisis de agrupamiento, el cual distribuyó de manera más homogénea las alturas entre los estratos. Y en último lugar el método h-M, que por tratarse de una interpretación gráfica, resultó en un método subjetivo.

**Palabras clave:** estratificación, Cluster, h-M, IUFRO.

**Summary**

The present study aimed to analyze three different vertical stratification methods in a semideciduous forest in the Osununú Private Reserve, in San Ignacio, Misiones, Argentina. Were employed 48 square plots of 100 m<sup>2</sup>, which were measured heights of all individuals with PAP  $\geq 10$  cm. The methods discussed were: IUFRO classification diagram hM, and cluster analysis. For each of the methods was performed discriminant analysis. The IUFRO method was presented a higher percentage of correctly classified heights, but only two individuals in the last stratum. Second was the cluster analysis, which distributed more evenly across strata heights. And last method h-M, that because it is a graphic interpretation, resulting in a subjective method.

**Keywords:** stratification, Cluster, h-M, IUFRO.

## Introducción

La provincia de Misiones, situada en el extremo nordeste de la República Argentina, abarca aproximadamente 30.000 km<sup>2</sup>, superficie que representa el 0.8% del total del país, sin embargo, abriga uno de los puntos con mayor biodiversidad del país. En su territorio se encuentra la mayor área de remanentes del Bosque Atlántico del Alto Paraná, cubriendo aproximadamente 1.123.000 ha. Esta superficie de bosque, en distintos estados de conservación, es aproximadamente la mitad del área de original de la eco-región en este país, la misma se dispone conformando un corredor continuo que cubre gran parte de Misiones (SAyDS, 2005).

En esfuerzo para preservar y conservar esta diversidad, se crearon más de 32 áreas de conservación de diferentes categorías (Di Bitettiet *al.*, 2003). Un área recientemente creada es la Reserva Privada Osununú, perteneciente a la Fundación Temaikèn, localizada en el municipio de San Ignacio, provincia de Misiones.

La realización de estudios e investigaciones en estas áreas es importante para las instituciones encargadas de su administración debido a que sirven de base para la implementación de planes contemplando el mejor manejo de las áreas según las características ecológicas que presenten.

Por medio del estudio de estratos verticales de los bosques pueden ser identificados los comportamientos ecológicos y el hábito que la población presente, lo que se traduce en informaciones de relevancia para la comprensión de las características de cada especie que conforma el estrato y las estrategias que utilizan para su regeneración natural, crecimiento y supervivencia (Sanquetta, 1995), siendo su principal objetivo el reconocimiento el estratos arbóreos. Así, la estructura vertical podía definirse como la ocupación espacial de un grupo de copas que presentan, o no, una separación claramente demarcada.

El número de estratos que ocurren en un bosque depende del comportamiento de las especies, sus relaciones de competencia, las restricciones ambientales presentes en el sitio, así como la frecuencia de perturbaciones naturales y antrópicas que se producen. Según Souza (2004) para la estratificación vertical de los bosques varios métodos han sido propuestos (VEGA, 1966; LONGHI, 1980; LAMPRECHT, 1990; MARISCALFLORES, 1993; CALEGÁRIO et al., 1994; SANQUETA, 1995; SOUZA et al., 2003). Utilizadas para ordenar, clasificar y agrupar la estructura de los bosques.

## Objetivo

Aplicar y analizar tres métodos diferentes de estratificación vertical, en una fitofisionomía forestal dentro de la Reserva Privada Osununú.

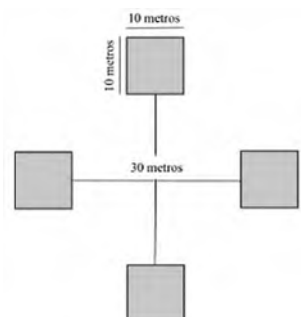
## Materiales y métodos

El estudio fue realizado en una área de 40 hectáreas dentro de la Reserva Natural Osununú. Esta se encuentra localizada en el departamento y municipio de San Ignacio, 27° 16' S e 55° 34' N, provincia de Misiones, Argentina. En las márgenes del río Paraná y adyacente al Parque Provincial Teyú Cuaré.

Para el relevamiento de datos florísticos y fitosociológicos fue realizado un muestreo en conglomerados, propuesto por Péllico Netto & Brena (1997), escogido por facilitar la localización e instalación de las unidades muestrales, así como, la sistematización de las unidades secundarias dentro de las unidades primarias.

La estructura de conglomerado fue compuesta por cuatro subunidades (parcelas) de 10 x 10 m, distanciados 30 m entre sí, totalizando 12 conglomerados y 48 parcelas (Figura 1). La intensidad de muestreo utilizada fue de 1,1%.

Fueron medidos todos los individuos arbóreos mayores o iguales a 10 cm de perímetro a la altura del pecho, identificando su taxón al nivel de especie. Las alturas fueron medidas con auxilio de una vara graduada y, posteriormente, organizadas en orden creciente en una tabla para su análisis.



**Figura 1: Estructura y dimensiones de los conglomerados utilizados para la realización del muestreo en la Reserva Privada Osununú, departamento de San Ignacio, Misiones – Argentina.**

**Figure 1: Structure and dimension of the conglomerates used for implementing the sampling at Osununú Private Reserve, San Ignacio, Misiones – Argentina.**

Para la determinación de los estratos los métodos utilizados fueron:

1. Método de la IUFRO (propuesta por Leibundgut en 1958, citada por Lamprecht 1990) el cual se basa en la altura dominante del bosque para definir los estratos

Así:

$$\text{Estrato inferior } H_{inf} = h < \left(\frac{h_{dom}}{3}\right)$$

$$\text{Estrato medio } H_{medio} = \left(\left(\frac{h_{dom}}{3}\right) \leq h < \left(\frac{2h_{dom}}{3}\right)\right)$$

$$\text{Estrato superior } H_{sup} = h \geq \left(\frac{2h_{dom}}{3}\right)$$

2. Diagrama h-M propuesto por Sanquetta (1995) que parte de la adaptación del método MNY de Hozumi, En el diagrama, h se refiere a la altura total de los árboles y M representa la media cumulativa parcial de la altura a partir a partir del mayor valor de h (SANQUETTA, 1995).
3. Análisis de agrupamiento (*Cluster*), fue realizada a partir de una matriz en que las fila “j” representa las clases de alturas y las columnas “i” a los individuos, cada valor “X<sub>ij</sub>” corresponde al valor de altura. Fue utilizado una distancia de Sorensen y método de agrupamiento vecino más lejano (*complete linkage*).

Cada uno de los métodos fue sometido a un análisis discriminante a fin de evaluar el grado de precisión de clasificación de las alturas.

## Resultados

Según el análisis discriminante, el método IUFRO presentó un mayor porcentaje de alturas correctamente clasificadas con 94.90%, pero solamente exhibió dos individuos en el último estrato. En segundo lugar, con 91.36% de precisión, estuvo el análisis *Cluster*, el cual distribuyó de manera más homogénea las alturas entre los estratos. Finalmente, con 80.04% de alturas correctamente clasificadas, el método h-M que por tratarse de una interpretación gráfica resulta en un método subjetivo.

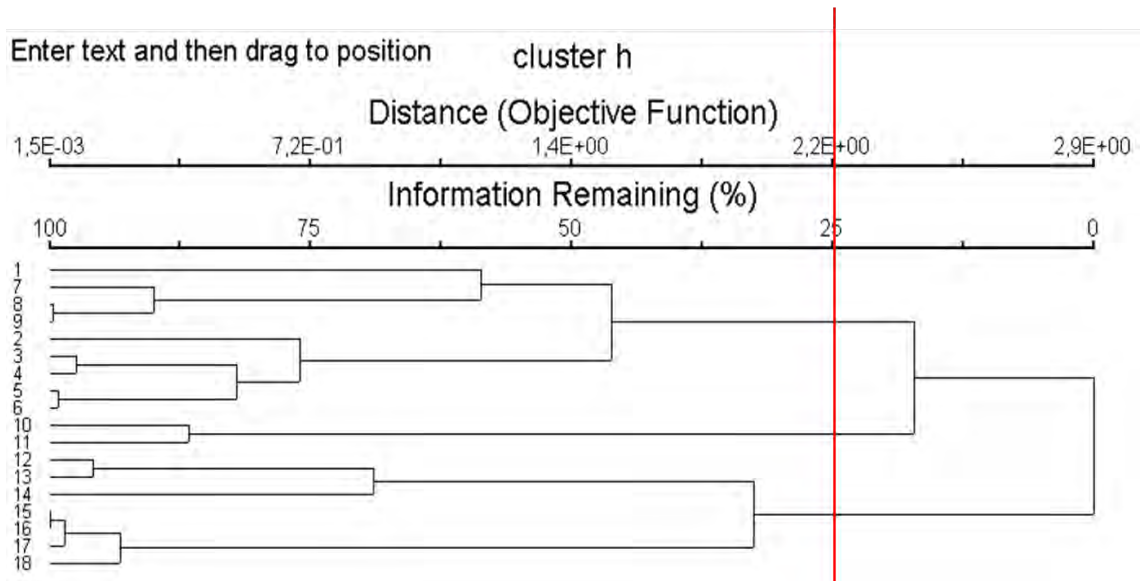


Figura 2: Dendrograma de agrupamiento de las clases de altura, mediante la utilización de la distancia de Sorensen y *complete linkage*.

Figure 2: Dendrogram of heightclasses, using the Sorensen distance and complete linkage.

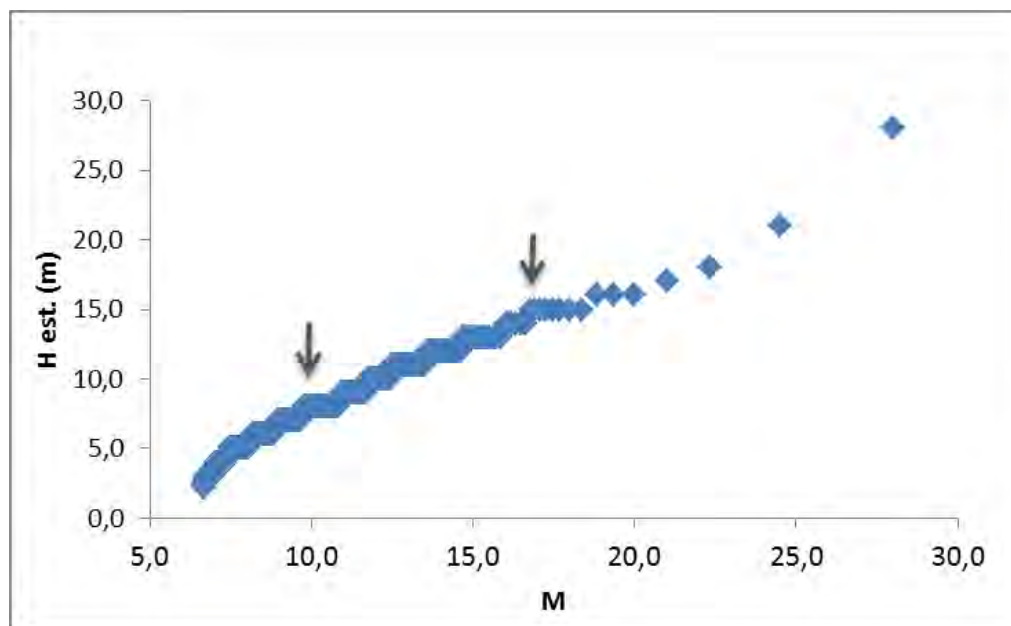


Figura 3: Estratificación Diagrama h-M.

Figure 3: Stratificationdiagramh-M.

**Tabla 1: Métodos de estratificación y resultados del análisis discriminante: amplitudes de clases, número de individuos/clases, número de especies, porcentaje.**

**Table 1: Methods of stratification and result of discriminant analysis: amplitudes of classes, number of individual/classes, number of species, percentage.**

Método	Estratos			Clases correctamente clasificadas
	1	2	3	
<b>IUFRO</b>				<b>94,92%</b>
<b>Clases</b>	2 a 9,3	9,3 a 18,66	18,66 a 28	
<b>N° de Individuo</b>	1028	158	2	
<b>Especies</b>	63	38	1	
<b>h-M</b>				<b>80,04%</b>
<b>Clases</b>	2 a 4,8	4,9 a 13	13,1 a 28	
<b>N° de Individuo</b>	252	913	15	
<b>Especies</b>	36	65	7	
<b>Cluster</b>				<b>91,36%</b>
<b>Clases</b>	2 a 11	11,1 a 13	13,1 a 28	
<b>N° de Individuo</b>	1116	43	21	
<b>Especies</b>	65	22	12	

## Conclusiones

De los tres métodos analizados, la metodología de la IUFRO fue el que presento mayor precisión, seguido de análisis Cluster e h-M.

El análisis *Cluster* es una técnica de análisis multivariada adecuada para la estratificación vertical de bosques debido a que anula la subjetividad del investigador presente en el método de h-M, de igual manera, anula inconvenientes de amplitud de los datos presentes en el método IUFRO.

## Bibliografía

- DI BITETTI, M. S.; PLACCI, G.; DIETZ, L. A. Una Visión de Biodiversidad para la Ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná: Diseño de un Paisaje para la Conservación de la Biodiversidad y prioridades para las acciones de conservación. Washington, D.C., World Wild LifeFoundation. 2003. 154 p.
- LAMPRECHT, H. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas-posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido-. Trad. A. Carrillo, Eschborn, DE. GTZ. 335 p. 1990.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. Inventário florestal. Curitiba: Ed. dos Autores, 1997. 245p.
- SANQUETTA, C. R. Análise da estrutura vertical de florestas através do diagrama h-M. Ci. Flor., Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 55-68, 1995.
- SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Estratificação vertical em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. R. Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.5, p.691-698, 2004

## DINÁMICA DE FLORACIÓN DE INTERÉS APÍCOLA

### BLOOM DYNAMICS OF BEE INTEREST

Müller, Pablo Fernando<sup>1</sup>; Miranda, D. E.<sup>2</sup>; Aquino, D. Y.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Técnico en Gestión y Producción Apícola-Encargado de la Cabaña de Selección y Cría de Abejas Reinas “Erich Karl Faltus” Capióvì Misiones. Dep. del Inst. Superior del Profesorado en Ciencias Agrarias y Protección Ambiental C 1109 PROCAYPA y del Ministerio del Agro y la Producción de la Provincia de Misiones (MAyP). [drfermuller@yahoo.com.ar](mailto:drfermuller@yahoo.com.ar)

<sup>2</sup> Directora proyecto “Desarrollo apícola en RUMG”. Titular Cátedra Morfología Vegetal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124. C.P. 3380. Eldorado. Misiones. [doramiranda@facfor.unam.edu.ar](mailto:doramiranda@facfor.unam.edu.ar)

<sup>3</sup> Becaria del proyecto “Desarrollo apícola en RUMG”. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124. C.P. 3380. Eldorado. Misiones. [yanet.aquino@yahoo.com.ar](mailto:yanet.aquino@yahoo.com.ar)

#### Resumen

La abeja de nuestra provincia es un ecotipo local (híbrido) originado por la cruce de abejas introducidas en la provincia, con la especie *Apis mellifera scutellata* que fue introducida en Brasil. El presente trabajo tiene como objetivo realizar un aporte al conocimiento de la flora de interés apícola de la provincia de Misiones. Para ello se dan a conocer especies vegetales que en distintas épocas del año, proporcionan recursos a las colmenas, principalmente néctar y/o polen. Como también información acerca de la dinámica de los integrantes de las colmenas del mencionado ecotipo local, y la importancia del recurso floral para las mismas.

**Palabras clave:** Flora apícola, néctar, polen, Misiones.

#### Summary

Bee in our province is a local ecotype (hybrid) originated by the crossing of bees existing in the province, with the species *Apis mellifera scutellata* which was introduced in Brazil. The present work aims to contribute to the knowledge of the beekeeping flora of interest in the province of Misiones. We disclosed plant species that at different times of the year provide resources to hives, mainly nectar and / or pollen. As well as, information regarding the dynamics of the members of the local ecotype ruffles mentioned, and the importance of floral resource for them.

**Key words:** Flora bee, nectar, pollen, Misiones.



## Introducción

En la provincia de Misiones hay cerca de 30.000 colmenas en manos de 2.000 apicultores, de los cuales 1.600 productores, que representan el 80% del total, tienen unidades productivas comprendidas de 1 a 10 colmenas (Programa Apícola Provincial -PROMIEL-, 2013). Esto lleva a que se caracterice a la apicultura realizada por pequeños apicultores como actividad secundaria.

Esta apicultura, se desarrolla con abejas denominadas ecotipo local, que es un híbrido formado por la abeja africana introducida en Brasil en 1956 por Kerr y que se cruzó con las de origen europeo que fueron introducidas en la zona por las distintas corrientes migratorias (Apicultura Manual, 2007). Con el transcurso del tiempo, esta hibridación, fue formando una abeja con características de manejo propias, hecho que incrementa la necesidad de conocer su comportamiento para obtener mejores resultados en la producción.

Para que la colmena pueda desarrollar su conducta de pecoreo, necesita de especies vegetales que aporten recursos, néctar y polen. La Provincia de Misiones exhibe especies forestales nativas como un gran grupo de especies exóticas con relevante importancia para la actividad apícola. Estas últimas sirven de complemento en algunos periodos del año, por lo que deben ser tenidas en cuenta al momento de la instalación de los apiarios.

Durante el año la colmena tiene una dinámica de aumento y merma poblacional que va acompañando el ritmo de los estímulos naturales provenientes de las flores, ya que estas aportan las fuentes de alimento por excelencia de las abejas, los carbohidratos se obtienen del néctar proveniente de las flores y las proteínas del polen. Si bien existen fluctuaciones en la población, en esta zona de producción, no podemos hablar de invernada, la colmena no entra en un período de letargo y la abeja reina no corta la postura de huevos por períodos prolongados de tiempos, lo correcto es hablar de un periodo de tiempo en el que al no haber suficientes flores para que almacenen miel, se corta la etapa productiva de la colmena.

Existen dos periodos distintos, el de producción, cuando en la zona circundante al apiario hay abundantes recursos, las flores aportan una importante cantidad de néctar y/o polen, las colmenas lo colectan para el sustento diario y lo que sobra la almacenan para hacer frente a las épocas de escasez. El otro es de receso en la producción, que se caracteriza por un decrecimiento poblacional de la colmena y esto está marcado, en la época otoño-invernal por las noches frescas o frías y en el periodo estival por las altas temperaturas y la baja humedad, (Ahmed A. 2008). que hace disminuir la producción de néctar en las flores y la merma en la cantidad de floración de interés apícola en el campo.

A medida que va aumentando la cantidad de flores en el campo comienzan las abejas a acarrear néctar y/o polen a la colmena, y dentro de esta, comienzan los primeros estímulos que hacen que se inicie el proceso de desarrollo que se va reflejando en aumento de la postura de la reina, la población de la colmena sigue creciendo mientras que las abejas siguen recolectando en abundancia. Conociendo el ciclo natural de la colmena, el desafío del apicultor es transformar este ciclo en productivo (Campo & Abeja. 2004.), para ello debe conocer también la dinámica de las fuentes de recursos florales circundante a sus apiarios y utilizar herramientas de manejo como ser, el conocimiento de la curva de floración, y la de desarrollo poblacional de las colmenas, para lograr la mayor cantidad de abejas forrajeras durante los períodos de abundante floración.

A nivel regional existen antecedentes referidos a flora apícola con trabajos en el Delta argentino, Gurini, L. & Basilio A. 1995. En la provincia del Chaco con los aportes de Salgado, C. 2006. En la provincia de Formosa con los aportes de Cabrera, M.; Caceres, D., Andrada A. y Gallez, L. 2010. Para la provincia de Misiones están los aportes de Miranda, D., Keller, H., Insaurralde, C., 2006. Miranda, D., Insaurralde, C., Silva, F., Keller, H., Ares, J. 2007. Miranda, D., Insaurralde, C., Silva, F., Keller, H., Insaurralde, C. 2010. Miranda, D., Keller, H., Amarilla, W.; Ritter, L.; Insaurralde, C. 2012, Salgado, C.; Miranda, D. 2012.

En una provincia que aspira desarrollar la apicultura, el conocimiento de la fenología floral de especies utilizadas por las abejas, posibilitará al productor obtener la máxima producción de su apiario, mediante el uso de esta información el apicultor puede orientar las actividades de manejo de sus colmenas (incentivación, cosecha, alimentación), como así también el manejo del recurso floral, detectando los periodos en los cuales la vegetación existente de su campo, no cuenta con recursos florales de interés apícola o son insuficientes, e introduciendo especies cuya fenología de floración coincida con dicho periodo. La posibilidad de obtener mieles con identidad de origen botánico y/o geográfico, así como la de mejorar los rendimientos por colmena, sumado a más meses de pecoreo y clima benigno son fortalezas para la provincia, que no están presentes de este modo en las zonas tradicionalmente productoras de miel. Si el apicultor conoce la dinámica de floración de interés apícola puede utilizar como estrategia de manejo el ubicar las colmenas en lugares donde se complementen floraciones en distintas épocas del año o trabajar durante un periodo de tiempo en zona de influencia de abundante floración y en momentos que esta empieza a declinar trasladar las colmenas a otra zona donde comience un nuevo periodo de abundante floración (trashumancia).

### **Material y métodos**

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer algunas especies vegetales que son de interés para las abejas, su periodo de floración y su nivel de preferencia por estas ya sea como fuentes de néctar y/o polen.

El trabajo de relevamiento consistió de actividades de campo de observación cada 15 días que inició en el año 2007 hasta el año 2013. Durante el tiempo de observación se registró la floración de 114 especies agrupadas en 42 familias pertenecientes a Angiospermas, para luego poder identificar las épocas donde se dan los picos de floración, es decir, periodos en que hay mayor cantidad de plantas con flores en el campo.

El nivel de predilección por parte de las abejas hacia ciertas plantas fue determinado, mediante la observación de presencia o no de estos insectos pecoreando las flores, actividad que fue realizada en distintas horas del día para lograr mayor precisión. De este modo se clasificaron las plantas según frecuencia de visita, en:

- a) intensamente visitadas (las veces que fueron observadas tenían un gran número de abejas sobre sus flores).
- b) visitadas con frecuencia (en más de la mitad de las observaciones se observó gran número de abejas sobre sus flores).
- c) ocasionalmente visitadas (en menos de la mitad de las observaciones se registro visita).
- d) no visitadas (no se registró visita por parte de las abejas a estas flores)

La Provincia se halla dividida en 7 zonas apícolas. La zona bajo estudio se halla en la Zona III Alto Paraná que incluye a los departamentos de Eldorado, Montecarlo y Puerto Esperanza y Zona IV Paraná Medio que comprende al Departamento Libertador General San Martín que se hallan ubicados a la vera del río Paraná.

Fitogeográficamente éste área de estudio se encuentra comprendido en el distrito de las Selvas Mixtas (Cabrera, 1976). El clima de la región es subtropical sin estación seca con una temperatura media anual de 21°C, con precipitaciones de 1800-2000 mm anuales.

El período máximo de heladas es de 123 días (Olinuck, 1995). Se recorrieron distintos lugares aledaños a apiarios hasta un radio de aproximadamente 2 km a la redonda (montes, chacras, huertas, etc.) registrándose datos de floración, de 54 árboles, 13 arbustos, 32 hierbas, 13 enredaderas, hortalizas al mismo tiempo se procedió a herborizar para su identificación y formación de palinoteca de referencia. Se recolectaron los datos en tarjetas de colección, planillas y también, se armaron registros fotográficos digitales de donde surgen fechas y horas de los registros, para ello se usaron cámaras NIKON Coolpix 2100, NIKON P90 y NIKON D 5100.

Estas zonas de producción apícola se caracteriza por presencia de montes nativos, mixtos intercalados con montes muy explotados, plantaciones de distintas variedades leñosas exóticas como especies de *Pinus*, *Eucaliptus*, *Melia azedarach* L. (Paraíso), *Paulownia tomentosa* Thunb. (Kiri); y chacras que son utilizadas para realizar distintos tipos de producción (mandioca, yerba mate, té, cítricos, maíz, maní, cría de animales vacunos, entre otras). También existen en la zona especies forrajeras nativa como *Melilotus sp.*, y exóticas como varias especies del género *Crotalaria*. (com. per.) La variedad en la vegetación hace que el tipo de miel producido sea multiflora. Excepcionalmente y ante situaciones medioambientales específicas se podría dar una miel monoflora.

## Resultados y discusión

En la tabla 1 se detalla la fenología de floración de las especies observadas, los meses en que este fenómeno ocurre para cada especie, son señalados con cuadrículas llenas. El análisis de los datos relevados referidos a periodo de floración de las distintas especies, y el nivel de predilección de las abejas observado, permitió obtener en forma preliminar curvas de floración de las especies relevadas, como también confeccionar curvas de floración diferenciadas por el nivel de visita de las abejas a las flores, las cuales pueden ser utilizadas como herramienta por productores apícolas en la Provincia de Misiones.

**Tabla 1. Periodo de floración de las especies relevadas señalando familia, nombre científico, hábito, periodo de floración y frecuencia de visita por parte de abejas.**

**Table 1. Flowering period of the species surveyed noting family, scientific name, habit, flowering period and frequency of visits by bees.**

Familia	Especies	Hábito	Cat. Fre visit.	Periodo de floración												
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Acanthaceae	Poikilacanthus glandulosus	Arbusto	b		■	■	■									
Amaranthaceae	Chamissoa altísima	Hierba	c								■	■	■			
Anacardiaceae	Schinus terebinthifolius	Árbol	a											■	■	■
Aquifoliaceae	Ilex paraguariensis	Árbol	c												■	■
Asclepiadaceae	Asclepias curassavica	Hierba	a									■	■	■		
Asteraceae	Achyrocline sp	Hierba	b			■	■	■								
	Aspilia pascaloide	Hierba	a											■	■	■
	Baccharis gaudichaudiana	Hierba	b										■			
	Baccharis oxyodonta	Hierba	b	■	■	■										■
	Baccharis rufescens	Hierba	c	■	■	■										
	Baccharis tandilensis	Hierba	b	■	■	■										■
	Bidens pilosa	Hierba	b											■	■	■
	Centratherum punctatum	Hierba	b	■	■	■										■
	Elephantopus mollis	Hierba	b	■	■	■										
	Eupatorium sp	Hierba	c			■	■	■	■							
	Mikania micrantha	Trepadora	b							■	■	■				
	Senecio brasiliensis	Hierba	b			■	■	■	■	■						
	Solidago chilensis	Hierba	a		■	■	■	■								
	Sonchus oleraceus	Hierba	b							■	■					
Vernonia tweediana	Hierba	a			■	■	■									
Bignoniaceae	Adenocalymna marginatum	Trepadora	c	■	■	■									■	■
	Dolichandra unguis cati	Trepadora	b											■	■	
	*Paulownia tomentosa	Árbol	c									■	■			
	Pitecoctenium crucigerum	Trepadora	c	■	■	■									■	■
	Pyrostegia venusta	Trepadora	b							■	■	■				
Borraginaceae	Cordia americana	Árbol	a											■	■	■
	Cordia ecalyculata	Árbol	a											■	■	■
	Cordia trichotoma	Árbol	a		■	■	■	■								
Cecropiaceae	Cecropia pachytachya	Árbol	b	■	■	■									■	■
Commelinaceae	Commelina sp.	Hierba	a											■	■	■
Cucurbitaceae	Cucurbita máxima	Hierba	b			■	■	■								
Ebenaceae	Diospiros kaki	Árbol	a											■	■	■
Euphorbiaceae	Bernardia pulchella	Arbusto	c											■	■	■
	Manihot esculenta	Hierba	b				■	■								
	Sebania brasiliensis	Árbol	a	■	■	■										■
Fabaceae	Acacia bonariensis	Apoyante	b	■	■	■										■
	Acacia tucumanensis	Árbol	a													
	Acacia velutina	Árbol	b													
	Albizia niopoides	Árbol	b													
	Ateleia glazioviana	Árbol	b													
	Bauhinia forficata	Árbol	a													
	Calliandra foliolosa	Árbol	b													
	*Crotalaria anagyroides	Arbusto	a													
	*Crotalaria juncea	Arbusto	a													
	*Crotalaria mucronata	Arbusto	a													
	*Crotalaria ochroleuca	Arbusto	b													
	*Crotalaria spectabilis	Arbusto	b													
	Dalbergia frutescens	Árbol	c													
	Inga marginata	Árbol	b													
	Lonchocarpus leucanthus	Árbol	b													
	Lonchocarpus muelbergianum	Árbol	b													
	Lonchocarpus nitidus	Árbol	b													
	*Lupinus sp	Hierba	a													
	Machaerium stipitatum	Arbusto	a													
	Melilotus alba	Hierba	a													
Parapiptadenia rigida	Árbol	a														
Peltophorum dubium	Árbol	a														
Sesbania punicea	Árbol	b														

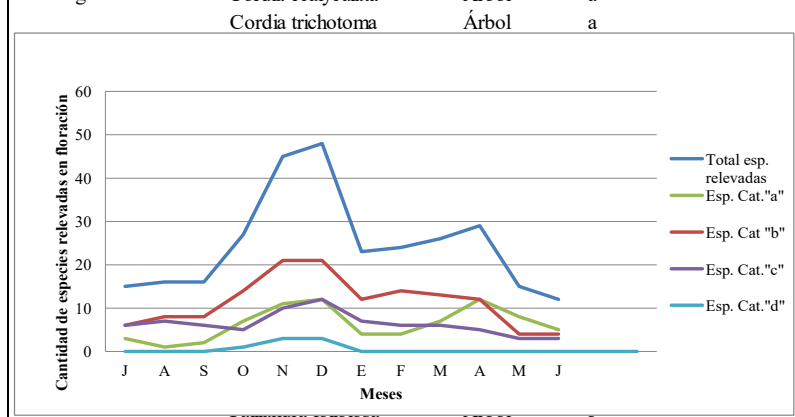


Rosaceae	*Eriobotrya japonica	Árbol	b																
	*Prunus pérsica	Árbol	b																
	Prunus subcoriacea	Árbol	b																
Rubiaceae	Galanthe hispidula	Hierba	c																
	Bauffourodendron riedelianum	Árbol	a																
	*Citrus limon	Árbol	b																
Rutaceae	*Citrus sinensis	Árbol	b																
Familia	Fagopyrum esculentum	Árbol	b																
	Helictes apiculata	Árbol	e																
Acanthaceae	Poikilacanthus grandifolius	Árbol	b																
	Allophylus edulis	Árbol	b																
Amaranthaceae	Cleome spinosa	Hierba	c																
	Cardiospermum grandiflorum	Trepadora	c																
Asaridaceae	Scutellaria tomentosa	Árbol	a																
	Matayba eleagnoides	Árbol	c																
Aquifoliaceae	Ilex paraguayensis	Árbol	c																
	Paullinia pinnata	Trepadora	c																
Asclepiadaceae	Asclepias curassavica	Hierba	a																
Simaroubaceae	Castela tweedii	Árbol	c																
	Achyrocline sp.	Hierba	d																
	Solanum granulosum-leprosum	Árbol	a																
	Aspidia pascaloide	Hierba	a																
	Solanum inaequale	Árbol	b																
Solanaceae	Baccharis gaudichaudiana	Hierba	c																
	Solanum sycambriifolium	Árbol	d																
	Baccharis oxyedonia	Hierba	e																
	Solanum trachytrichum	Hierba	d																
	Baccharis pilularis	Hierba	c																
Styracaceae	Styrax leprosus	Árbol	c																
	Baccharis landensis	Hierba	c																
Tiliaceae	Luehea divaricata	Árbol	b																
	Bidens pilosa	Hierba	b																
Ulmaceae	Trema micrantha	Árbol	b																
Asitracaceae	Centramerium punctatum	Hierba	b																
	ELAeostylis virgatilis	Árbol	f																
Verbenaceae	*Duranta sp.	Árbol	f																
	Eupatorium sp.	Hierba	f																
	Vitex cymosa	Árbol	b																
	Mikania micrantha	Trepadora	a																
	Vitex megapanamica	Árbol	a																
	Senecio sp.	Hierba	a																
Violaceae	Antirrhinum paniculatum	Trepadora	f																
	Hibiscus bigibbatus	Árbol	f																

\*Plantas exóticas  
a: Intensamente visitadas.  
b: Visitadas con frecuencia.  
c: Ocasionalmente visitadas.  
d: No visitadas.

Gráfico 1. Curva de floración del total de especies relevadas de interés apícola.

Graphic 1. Flowering curve of all species surveyed of apiarian importance.



Fabaceae	*Crotalaria anagyroides	Arbusto	a																
	*Crotalaria juncea	Arbusto	a																
	*Crotalaria mucronata	Arbusto	a																
	*Crotalaria ochroleuca	Arbusto	b																
	*Crotalaria spectabilis	Arbusto	b																
	Dalbergia frutescens	Árbol	c																
	Inga marginata	Árbol	b																
	Lonchocarpus leucanthus	Árbol	b																

Conclusiones

- a- Durante gran parte del año tenemos especies vegetales en floración que aportan recursos a las colmenas, con dos períodos de máximos valores o picos bien marcados: uno comprendido entre los meses de septiembre a diciembre, y otro comprendido entre los meses de marzo hasta abril.
- b- El período comprendido entre los meses de septiembre a diciembre representa la época del año con mayor floración, siendo esta la principal etapa de producción y cosecha de miel.

c- El período de floración comprendido entre los meses de marzo y abril, permite que en los lugares donde hay gran cantidad de estas especies se realice una cosecha secundaria y en los lugares donde la floración no es tan importante como para que las abejas acopien néctar en cantidad suficiente para una nueva cosecha, la colmena aprovecha el acopio de esos recursos para transformarlos en reservas energéticas y proteicas fundamentales para el receso productivo (Sibilin,O. 2007)

d- Para lograr mejores resultados de cosechas deben situarse los apiarios en lugares donde haya especies representantes de los dos picos de floración.

e- La presencia de floración durante la mayor parte del año con aporte de recursos de manera prácticamente ininterrumpida hace que la colmena se encuentre en estado reproductivo casi permanente, no cortando la reina la postura de huevos y aumentando por ello el consumo de recursos (polen y miel). Esta situación particular de la Provincia de Misiones otorga características de manejo propias y diferentes a zonas donde las colmenas invernan; lo cual debe ser tenido en cuenta por el apicultor para evitar que la colmena sufra estrés (por falta de alimentos debido al mayor consumo generado por la presencia de crías) disminuyendo pérdidas de unidades productivas.

f-De acuerdo a las curvas con distinta frecuencia de visitas “a”, “b” y “c” podemos ver la relevante importancia que tienen en el período comprendido entre los meses de septiembre a diciembre las especies con frecuencia “b” y “c” que sumadas a las del tipo “a” representan el principal periodo de floración, por lo que deben ser tenidas en cuentas en la producción apícola.

g- Con esta información de trabajo, el apicultor puede transformar el ciclo natural de la colmena en ciclo productivo aprovechando al máximo los recursos provenientes de las zonas circundantes a las colmenas y aumentar así su producción.

h-Las características climatológicas y medioambientales hacen que se produzca un adelantamiento en la época de producción comparándolas con otras zonas apícolas argentina es por ello que en los meses de septiembre a noviembre se puede cosechar miel cosa que no ocurre en otras zonas apícolas salvo la provincia de Tucumán que tiene características similares a nuestra provincia- Según Persano 1996 la época del verano en que la floración está en su apogeo y hay mayor entrada de néctar para las zonas templadas a frías.

i. El acopio de néctar en las colmenas no era solamente determinado por la disponibilidad de recursos nectaríferos sino también influyen las condiciones medioambientales como temperatura y humedad.

## Bibliografía

- Ahmed A. (2008). Comportamiento de la abeja melífera, Manual de apicultura del norte argentino, Unidad 4 Ed. Magna. Argentina.
- Cabrera, A. 1976. Territorios fitogeográficos de la República Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería: 2-85 Acme. Buenos Aires. Segunda Edición.
- CABRERA, M. Gallez, L. y ANDRADA, A. 2011. Aporte de especies leñosas nativas y color de las mieles del este de la provincia de Formosa, (Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 46 (Suplemento):250. XXXIII. Jornadas Argentinas de Botánica.
- CABRERA, M.; CACERES, D., ANDRADA A. Y GALLEZ, L. 2010 a. Angiospermas de la Región Oriental del Bosque nativo formoseño: un recurso interesante para la apicultura. Acta Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional de Formosa
- CABRERA, M.; CACERES, D., ANDRADA A. Y GALLEZ, L. 2010 b. Floración de especies con potencial apícola en el Distrito Chaqueño Oriental del Este de la Provincia de Formosa (Argentina) Actas del I Congreso Latinoamericano de Conservación de la Biodiversidad. San Miguel de Tucumán
- CABRERA, M.; SALGADO, C. 2006. Contribución al estudio de la flora melífera de la provincia de Formosa. ([www.unne.edu.ar/cyt](http://www.unne.edu.ar/cyt) 2006-biología)
- Campo y abejas. (2004). Ciclo productivo y ciclo natural. Cría de Reinas. Volumen VII: 7 Edición especial.
- Fert, G. (1996). Cría de reinas. O.P.I.D.A. y Montagud Editores. Francia.
- GURINI, L. & Basilio A. 1995. Flora apícola en el Delta del Paraná. Darwiniana 33:337-346.
- Manual Técnico Apicultura (2007). Ministerio del Agro y la Producción; Misiones Siembra. Apicultura Curso a distancia para productores misioneros. Posadas, Misiones.
- MIRANDA, D., INSAURRALDE, C., SILVA, F., KELLER, H., ARES, J. 2007. Importancia apícola de las especies leñosas de la provincia de Misiones. Resúmenes. XXXI Jornadas Argentinas de Botánica. 1er. Simposio Argentino de Melisopalinología. Corrientes. Argentina.
- MIRANDA, D., INSAURRALDE, C., SILVA, F., KELLER, H., INSAURRALDE, C. 2010. Flora apícola en Colonia Laharrague, Misiones, Argentina. Yvyreeta 17:43-50-Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones.
- MIRANDA, D., KELLER, H., INSAURRALDE, C., 2006. Potencial Florístico apícola en una zona de apiario, Colonia Laharrague, Misiones, Argentina. Resúmenes. XIII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. Bahía Blanca. Argentina.
- MIRANDA, D., KELLER, H., AMARILLA, W.; RITTER, L.; INSAURRALDE, C. 2012 Recursos apibotánicos en zona de apiarios, Misiones, Argentina. 15as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales-FCF-UNaM-EEA INTA Montecarlo. ACTAS CD ISSN 16685385.
- Olinuck, J.A. 1995. El clima de la Localidad de Montecarlo. Periodo 1964-1993. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul. Misiones. Informe Técnico N° 62.
- Persano, A. L., (1996). Apicultura Práctica. Editorial Hemisferio Sur S.A. Argentina.
- Programa Apícola Provincial –PROMIEL- (2013). Ministerio del Agro y la Producción; Misiones.
- SALGADO, C. 2006. Flora Melífera en la provincia del Chaco. Ministerio de la Producción del Chaco.
- SALGADO, C.; MIRANDA, D. 2012. Especies de importancia melífera en la provincia de Misiones (Argentina): estudio palinológico. Resúmenes II Simposio Argentino de Melisopalinología. Corrientes Argentina.
- Sibilín, O; Pensiero J; Gutierrez, H; Kerm Verónica (2007). Modulo “Nutrición y Alimentación Natural”. Universidad Nacional del Litoral, Tecnicatura en gestión y producción apícola. Polen pág.26. Argentina.



**COMUNIDADES DE TERMITAS DE BOSQUES NATIVOS DEL DEPARTAMENTO SAN FERNANDO (CHACO, ARGENTINA): COMPOSICIÓN Y ROLES ECOLÓGICOS.**

**TERMITE COMMUNITIES FROM NATIVE FORESTS OF SAN FERNANDO DEPARTMENT (CHACO, ARGENTINA): COMPOSITION AND ECOLOGICAL ROLES.**

**Laffont, Enrique<sup>1,5</sup>; M.C. Godoy<sup>2,5</sup>; J.M. Coronel<sup>3,5</sup>; C. Etcheverry<sup>4,5</sup>; G. Annoni<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup> Dr. Biología, Prof. Titular

<sup>2</sup> Dra. Biología, Prof. Adjunta

<sup>3</sup> Lic. Zoología, Prof. Adjunto

<sup>4</sup> Lic. Cs. Biológicas, Becaria SGCYT-UNNE

<sup>5</sup> Laboratorio de Biología de los Invertebrados. Fac. Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura (Universidad Nacional del Nordeste). Av. Libertad 5470. 3400. Corrientes. Argentina. E-mail: [mcgodoy@exa.unne.edu.ar](mailto:mcgodoy@exa.unne.edu.ar)

**Resumen**

Las termitas participan en la degradación de materiales vegetales, por ello interesa conocer las especies presentes en ambientes naturales y antropizados. En la franja Este del Chaco Húmedo se realizaron relevamientos previos en la Reserva Colonia Benítez. En este trabajo se analizó el ensamble de isópteros de un bosque nativo xerófilo en un establecimiento ganadero mediante dos bandas de muestreo de 100 x 2 m (20 secciones de 5 x 2 m, 1 h/hombre por sección). Se detectaron 13 especies (familias Kalotermitidae y Termitidae) pertenecientes a los cuatro grupos tróficos de termitas. El 87,5% de las secciones fueron positivas y los microhábitats ocupados fueron: suelo superficial, árboles vivos, ramas y troncos secos. Al comparar las termitas detectadas en este trabajo con las de Colonia Benítez, se evidencia similitud en la composición y riqueza específica. El bosque analizado alberga una submuestra representativa de la termitofauna de la región Chaqueña Oriental.

**Palabras clave:** Isoptera, Chaco Oriental, grupos alimentarios

**Summary**

Termites are involved in the degradation of plant materials, so it is interesting to know the species present in natural and anthropogenic environments. In the eastern region of the Humid Chaco, previous surveys were conducted in the Colonia Benitez Reserve. In this work, the Isoptera assemblage of a native xerophytic forest on a cattle farm was analyzed by two bands of 100 x 2 m (20 sections of 5 x 2 m, 1 hr/man per section). Thirteen species (families Kalotermitidae and Termitidae) from the four termite trophic groups were detected. The 87.5% of the sections were positive and the occupied microhabitats were: superficial soil, living trees, fallen branches and snags. The termites surveyed in this work showed similarity to the Colonia Benitez fauna in the composition and species richness. The analyzed forest hosts a representative subsample of the Eastern Chacoan region termite fauna.

**Key words:** Isoptera, Oriental Chaco, feeding groups

## Introducción

Si bien las termitas son ampliamente conocidas como plagas de edificaciones, cultivos y forestaciones, sus comunidades cumplen también roles benéficos importantes en los ecosistemas en que están presentes. Se alimentan de sustancias ligno-celulósicas y suelo rico en materia orgánica e integran los grupos tróficos de consumidores primarios y descomponedores (La Fage y Nutting, 1978; Bandeira, 1991; Nickle y Collins, 1992; Martius, 1994). Participan, entre otros, en los procesos de degradación y transformación de materiales vegetales, modifican las propiedades físicas y químicas de la hojarasca y el suelo al realizar sus construcciones, colaboran en la fijación del nitrógeno atmosférico aportando a la recuperación de bosques explotados, integran la dieta de diversos vertebrados, etc. (Wood y Sands, 1978; Bignell y Eggleton, 2000; Jones y Eggleton, 2011).

Dentro de sus comunidades, las distintas especies de termitas intervienen a diferentes niveles en los mencionados procesos, según el grado de humificación del alimento consumido, que varía desde plantas vivas hasta materia orgánica incorporada al suelo mineral. Debido a ello es interesante conocer la fauna de termitas presente en cada ambiente y los servicios ecosistémicos que desarrollan en cada caso. Con respecto a los ecosistemas incluidos en la región del Chaco Oriental o Chaco Húmedo, se han realizado hasta el momento sólo unos pocos relevamientos de termitas en bosques nativos de áreas protegidas y de algunos establecimientos dedicados a la actividad agropecuaria (Laffont *et al.*, 2004; Roisin y Leponce, 2004; Torales *et al.*, 2007; Godoy *et al.*, 2012). Con el fin de profundizar el estudio de estas comunidades, en el presente trabajo se analizó el ensamble de isópteros en un bosque nativo localizado en la franja este de la provincia del Chaco y comprendido dentro del Sitio Ramsar Humedales Chaco, a fin de determinar los grupos taxonómicos y funcionales presentes y sus roles ecológicos.

## Materiales y métodos

Se trabajó en un relicto de bosque nativo xerófilo de la Estancia San Francisco (Dpto. San Fernando, Chaco), con una superficie aproximada de 26 ha., localizado a aproximadamente 15 km de la capital provincial, dentro del Sitio Ramsar Humedales Chaco (27°30'42"S; 59°05'06"O). El establecimiento está dedicado principalmente a la ganadería, pero aún mantiene una muestra representativa de los ambientes naturales de esta región biogeográfica, aunque parcialmente alterados. La composición florística del bosque incluye especies arbóreas típicas del bosque chaqueño como *Patagonula americana* L. (guayubirá), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Schltr.) Lyons (quebracho blanco), *Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taubert (espina corona), *Eugenia uniflora* L. (ñangapirí), etc. El estrato herbáceo se compone de diversas hierbas y abundantes bromeliáceas como *Aechmea distichantha* Lem. y *Bromelia serra* Griseb. (caraguatás), en el mismo se advierten senderos abiertos por los desplazamientos de los animales, rastros de pisoteo y deposiciones (**Imagen 1**).



**Imagen 1: Bosque nativo del Departamento San Fernando (Chaco).**  
**Image 1: Native forest of the San Fernando Department (Chaco).**

El diseño de muestreo aplicado correspondió a una modificación del método rápido de estimación de la diversidad de isópteros para ambientes tropicales (Jones y Eggleton, 2000). Dicho método consistió en el trazado de dos bandas de muestreo de 100 x 2 m, subdivididas en 20 secciones contiguas de 5 x 2 m. Este protocolo registra presencia de las especies y provee una medida de la abundancia relativa de las termitas, basada en el número de encuentros de cada especie. Dentro de cada sección se practicó una búsqueda exhaustiva de isópteros en todos los microhábitats presentes, empleando 1 hora/hombre de revisión por sección. La determinación taxonómica de los ejemplares se realizó mediante la utilización de las claves taxonómicas y por comparación con material de la colección de Isoptera (FACENAC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE), en la cual fueron depositadas posteriormente las muestras. Se determinaron los grupos taxonómicos y ecológicos o funcionales a que pertenecían las termitas presentes.

La diversidad se midió mediante la curva de acumulación de especies y el estimador Jackknife de 1° orden (EstimateS 8.2, Colwell, 2006). La diversidad y los grupos alimentarios detectados en cada transecta fueron comparados mediante el índice de Shannon y el test del chi cuadrado (Statistica, StatSoft, 1999), con  $\alpha = 0,05$ . Como es usual para insectos sociales, se consideró el número de encuentros (hallazgos de cada especie) en lugar del número total de individuos.

### **Resultados y discusión**

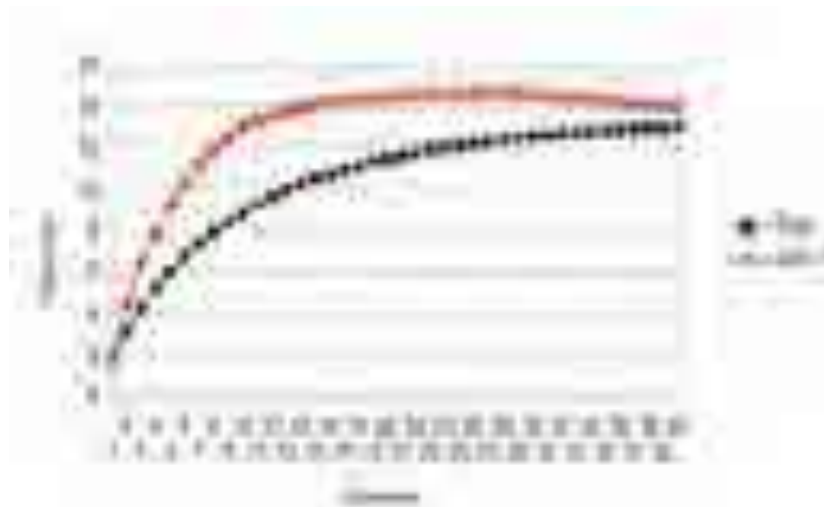
Los relevamientos permitieron efectuar 71 encuentros de termitas en las transectas trazadas, con el 87,5 % de las secciones positivas a la presencia de estos insectos. Siete de las muestras obtenidas fueron compuestas, es decir que incluyeron dos especies localizadas juntas durante el trabajo de campo. La riqueza específica registrada fue de 13 especies y el valor obtenido con el Jackknife de 1° orden fue de 14, lo que indica que el esfuerzo de muestreo habría permitido capturar el 93 % de las especies estimadas (**Gráfico 1**).

Las termitas detectadas pertenecieron a las familias Kalotermitidae y Termitidae y se incluyeron en 12 géneros y 13 especies/morfoespecies (**Tabla 1**). La familia Termitidae resultó dominante, tanto en riqueza de especies (76,9%) como en abundancia relativa (83,1%), mientras que Kalotermitidae estuvo representada solo por tres especies (**Gráfico 2**). Dentro de Termitidae, Apicotermitinae fue la subfamilia con mayor riqueza y abundancia (cuatro especies y 45,1% de los encuentros). En este grupo se incluyeron las termitas

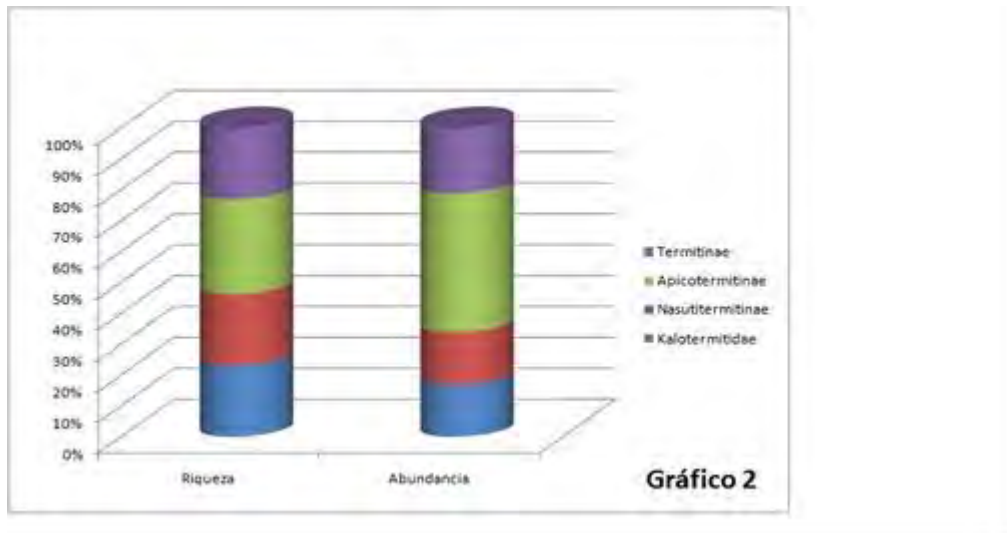
subterráneas de los géneros *Anoplotermes* Mueller, *Aparatermes* Fontes, *Grigiotermes* Mathews y *Ruptitermes* Mathews que se alimentan principalmente de suelo y materiales lignocelulósicos altamente degradados. Estas termitas constituyen un alto porcentaje de la fauna de termitas en áreas tropicales y subtropicales, aunque parecen mostrar una elevada susceptibilidad a los procesos de alteración antrópica de sus hábitats, lo que ha llevado en algunos sitios a una disminución de sus poblaciones (De Souza y Brown, 1994; Bandeira *et al.*, 2003; Jones *et al.*, 2003; Vasconcellos *et al.*, 2010).

Al analizar la diversidad registrada en cada transecta mediante el índice de Shannon, la misma fue de 1,5279 en T1 y 2,2062 en T2. Esta diferencia resultó estadísticamente significativa ( $t = -3,2865$ ;  $gl = 39,52$ ;  $p = 0,002133$ ), en cambio no se registraron diferencias en las proporciones de los diferentes grupos alimentarios presentes en cada sitio ( $\chi^2 = 5,0154$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,83$ ).

En el ensamble se hallaron representados los cuatro grupos alimentarios de la clasificación reconocida para isópteros, que corresponden a especies alimentadoras de hierbas y madera (grupo I), de hierbas, madera, hojarasca y microepífitos (grupo II), de las capas superiores del suelo con abundante materia orgánica (grupo III) y las verdaderas alimentadoras de suelo (grupo IV) (Donovan *et al.*, 2001). El grupo IV de alimentadoras de suelo mostró mayor riqueza específica y mayor abundancia relativa (**Gráfico 3**), lo que pone de manifiesto el activo servicio ecosistémico de estas termitas humívoras, cuya disminución podría alterar el ritmo de la degradación de los materiales vegetales depositados en el suelo del bosque (Bignell y Eggleton, 2000).

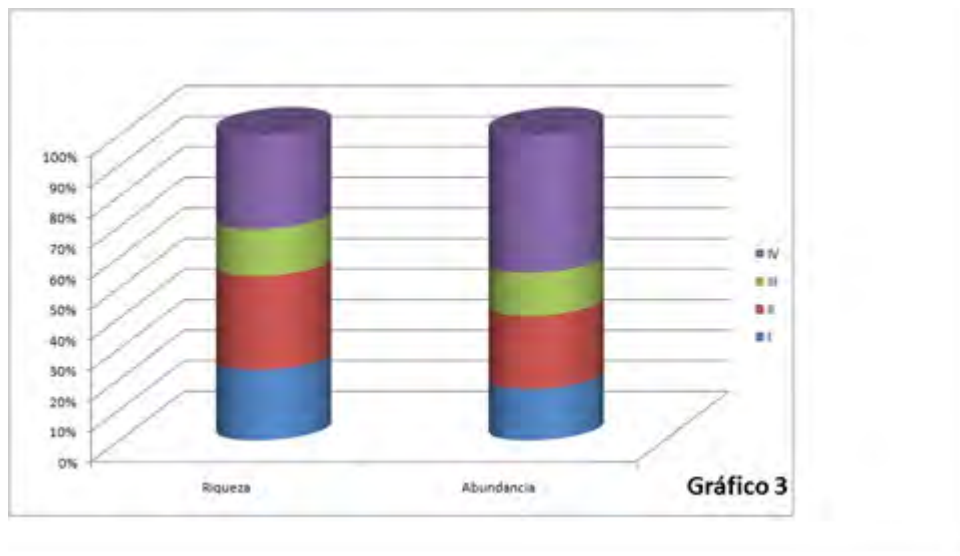


**Gráfico 1: Riqueza de especies de termitas observada y estimada mediante Jackknife de primer orden.**  
**Graphic 1: Termite species richness: observed and estimated by first-order Jackknife.**



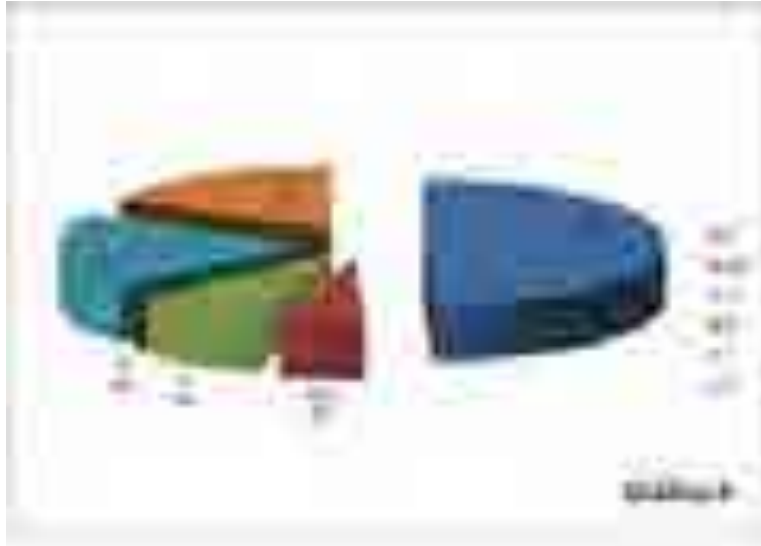
**Gráfico 2: Grupos taxonómicos de la comunidad de termitas: riqueza y abundancia relativa según el número de encuentros.**

**Graphic 2: Taxonomic groups of the termite assemblage: richness and relative abundance based on number of encounters.**



**Gráfico 3: Grupos alimentarios (I–IV) de la comunidad de termitas: riqueza y abundancia relativa según el número de encuentros (Para las abreviaturas de los grupos alimentarios, ver los Resultados.)**  
**Graphic 3: Feeding groups (I–IV) of the termite assemblage: richness and relative abundance based on number of encounters (For the abbreviations of feeding groups see Results.)**

Con respecto a los microhábitats ocupados por las termitas en el bosque analizado (**Gráfico 4**), se verificó una estrecha relación entre los microhábitats colonizados y los hábitos nutricionales y de nidificación. Así, las especies alimentadoras de suelo se localizaron frecuentemente en la capa superficial del suelo (hasta 15 cm de profundidad), en ocasiones entre raíces de bromeliáceas y entre la hojarasca. Las especies que consumen madera fueron detectadas en nidos arbóreos (**Imagen 2**) y túneles sobre árboles vivos (**Imagen 3**), en trozos de madera muerta caída (**Imagen 4**) y en el suelo superficial inmediatamente por debajo de estas piezas.



**Gráfico 4: Microhábitats ocupados por termitas en proporción al número total de encuentros (Para las abreviaturas de los microhábitats, ver Tabla 1.)**

**Graphic 4: Microhabitats occupied by termites as a proportion of total termite encounters (For abbreviations of microhabitats see Table 1.)**

Al comparar los ensambles de isópteros de este establecimiento y los de la Reserva Colonia Benítez (Godoy *et al.*, 2012), también ubicada dentro del Sitio Ramsar Humedales Chaco, se evidencia una similitud alta, con 10 especies comunes (76,9%). Por ello, es de destacar que el bosque analizado en este estudio, pese a hallarse parcialmente modificado por la acción del ganado, alberga una submuestra representativa y diversa de la termitofauna registrada para la región Chaqueña Oriental. Además, dado que las termitas son consideradas buenos bioindicadores de calidad ambiental (Brown, 1997; Alves *et al.*, 2011), los resultados obtenidos indicarían que en este bosque los efectos de las perturbaciones antropogénicas son poco evidentes sobre las comunidades de isópteros.

### Conclusiones

Se detectaron 13 especies de termitas incluidas en dos familias, con una mayor riqueza y abundancia de Termitidae. La diversidad trófica resultó amplia, con especies de los cuatro grupos alimentarios de isópteros, entre las cuales predominaron las alimentadoras de suelo. Las termitas ocuparon diferentes microhábitats como suelo superficial, túneles y nidos sobre árboles vivos y trozos de madera en descomposición.



**Imagen 2: Nido arbóreo de *Microcerotermes strunckii* en rama primaria de árbol vivo.**

**Image 2: Arboreal nest of *Microcerotermes strunckii* on branch of living tree.**



**Imagen 3: Túneles de cartón de madera contruidos por *Nasutitermes aquilinus* sobre tronco de árbol vivo.**

**Image 3: Runways of wood carton built by *Nasutitermes aquilinus* on trunk of living tree.**



**Imagen 4: Pieza de madera muerta atacada por *Nasutitermes nordenskiöldi*.**

**Image 4: Dead wood piece attacked by *Nasutitermes nordenskiöldi*.**

### **Agradecimientos**

A la Sra. Amalia L. vda. de Firpo, por la autorización para trabajar en la Estancia San Francisco. Este estudio ha sido parcialmente financiado por el Proyecto PICTO- UNNE 2011 0244 (ANPCyT- UNNE).

## Bibliografía

- Alves, W.F., Mota, A.S., Lima, R.A.A., Bellezoni, R. y Vasconcellos, A. 2011. Termites as bioindicators of habitat quality in the Caatinga, Brazil: is there agreement between structural habitat variables and the sampled assemblages? *Neotropical Entomology* 40: 39-46.
- Bandeira, A. G. 1991. Termites (Insecta: Isoptera) consumidores de liteira na Ilha de Maracá, Roraima. *Acta Amazonica* 21: 15-23.
- Bandeira, A.G., Vasconcellos, A., Silva, M.P. y Constantino, R. 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. *Sociobiology* 42: 117-127.
- Bignell, D.E. y Eggleton, P. 2000. Termites in ecosystems (pp. 363-387). En: T. Abe, M. Higashi y D.E. Bignell (eds.), *Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis, Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 466 p.
- Brown, K.S. 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of neotropical forests: insects as indicators for conservation monitoring. *Journal of Insect Conservation* 1: 25-42.
- Colwell, R.K. 2006. *EstimateS: Statistical estimations of species richness and shared species from samples*. Versión 8. URL <[purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)>.
- DeSouza, O.F. y Brown, V.K. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. *Journal of Tropical Ecology* 10: 197-206.
- Donovan, S.; P.Eggleton y D. Bignell. 2001. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. *Ecological Entomology* 26: 356- 366.
- Godoy, M.C.; E.R. Laffont; J.M. Coronel y C. Etcheverry. 2012. Termite (Insecta, Isoptera) assemblage from a Reserve of the Oriental Chaco (Argentina): taxonomic and functional groups. *Arxius Miscelánea Zoológica* 10: 55- 67.
- Jones, D.T. y Eggleton, P. 2000. Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. *Journal of Applied Ecology* 37: 191-203.
- Jones, D.T. y Eggleton, P. 2011. Global biogeography of termites: a compilation of sources (pp. 477-498). En: Bignell, D.E., Roisin, Y. y Lo, N. (eds) *Biology of Termites: A Modern Synthesis*. Springer, Dordrecht. 576 p.
- Jones, D.T., Susilo, F.X., Bignell, D.E., Hardiwinoto, S., Gillison, A.N. y Eggleton, P. 2003. Termite assemblage collapse along a land-use intensification gradient in lowland central Sumatra, Indonesia. *Journal of Applied Ecology* 40: 380-391.
- La Fage, J. P. y W. L. Nutting. 1978. Nutrient dynamics of termites (pp. 165-232). En: M. V. Brian (ed.) *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge University Press, Londres y New York. 428 p.
- Laffont, E.R.; G.J. Torales; J.M. Coronel; M.O. Arbino y M.C. Godoy. 2004. Termite (Insecta, Isoptera) Fauna from National Parks of the Northeast Region of Argentina. *Scientia Agricola* 61 (6): 665-670.
- Martius, C. 1994. Diversity and ecology of termites in Amazonian forests. *Pedobiologia* 38: 407- 428.
- Nickle, D.A. y M.S. Collins. 1992. The termites of Panama (pp. 208- 241). En: Quintero, D.A. y A. Aiello (eds.), *Insects of Panama and Mesoamerica*. Oxford University Press, New York. 692 p.
- Roisin, Y. y Leponce, M. 2004. Characterizing termite assemblages in fragmented forests: A test case in the Argentinian Chaco. *Austral Ecoogy* 29: 637-646.
- StatSoft, Inc. (1999). STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, WEB: <http://www.statsoft.com>
- Torales, G.J.; J.M. Coronel; E.R. Laffont; M.C. Godoy y J.L. Fontana. 2007. Termite (Insecta, Isoptera) faunal composition in natural forests of the humid Chaco (Argentina). *Sociobiology* 50 (2): 419-433.
- Vasconcellos, A., Bandeira, A.G., Moura, F.M., Araujo, V.F., Gusmao, M.A. y Constantino, R. 2010. Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. *Journal of Arid Environments* 74: 298-302.
- Wood, T.G. y Sands, W.A. 1978. The role of termites in ecosystems (pp. 245-292). En: Brian, M. (ed.), *Production ecology of ants and termites*. Cambridge University Press, Londres y New York. 428 p.



Tabla 1. Comunidad de termitas detectadas en el Establecimiento San Francisco (Dpto. San Fernando, Chaco), número de encuentros, grupos alimentarios, microhábitats y tipos de nidificación de cada especie. Referencias: R: rama caída, S: suelo superficial, S(B): suelo entre raíces de bromeliáceas, TV: túneles sobre árbol vivo, T: tronco caído, M: madera, A: nidos arbóreos, Mo: montículos, H: nidos hipógeos o especies inquilinas.

Table 1. Termite community detected at the San Francisco Ranch (San Fernando Department, Chaco), number of encounters, feeding groups, microhabitats and nesting types of each species. References: R: fallen branches, S: superficial soil, S(B): soil between bromeliads roots, TV: runways on living trees, T: fallen trunks, M: wood, A: arboreal nests, Mo: mounds, H: hypogeal nests or inquilines.

Taxa	Encuentros	Grupos alimentarios	Microhábitats ocupados	Tipos de nidificación
<b>Kalotermitidae</b>				
<i>Neotermes fulvescens</i> (Silvestri)	4	I	R, T	M
<i>Rugitermes rugosus</i> (Hagen)	6	I	R, T	M
<i>Tauritermes triceromegas</i> (Silvestri)	2	I	T	M
<b>Termitidae</b>				
Nasutitermitinae				
<i>Diversitermes diversimiles</i> (Silvestri)	2	II	R, T	H, Mo
<i>Nasutitermes aquilinus</i> (Holmgren)	6	II	R, S, TV, T	A
<i>Nasutitermes nordesnkioidi</i> (Holmgren)	3	II	R, TV, T	A
Apicotermitinae				
<i>Anoplotermes</i> sp.	21	IV	S	H, Mo
<i>Aparatermes</i> sp.	1	IV	S	H, Mo
<i>Grigiotermes</i> sp.	5	IV	S, T	H, Mo
<i>Ruptitermes</i> sp.	5	IV	S	H, Mo
Termitinae				
<i>Microcerotermes strunckii</i> (Söerensen)	6	II	TV, T	A
<i>Neocapritermes opacus</i> (Hagen)	8	III	S, S(B)	H, Mo
<i>Termes bolivianus</i> Snyder	2	III	R, T	M
Número de especies	13			
Número de encuentros	71			

**ESTUDIO AEROBIOLÓGICO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERTOL.)  
KUNTZE EN SAN ANTONIO, MISIONES.**

**AEROBIOLOGICAL STUDY OF *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* (BERTOL.)  
KUNTZE IN SAN ANTONIO, MISIONES.**

**Latorre, Fabiana<sup>1</sup>; Abud Sierra, M.L.<sup>2</sup>; Alarcón, P.<sup>3</sup> & Fassola, H.<sup>4</sup>**

1. Investigadora CONICET-Docente UADER y UNMDP. IIMyC (CONICET-UNMDP), Dpto. Biología, FCEyN, Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3250. 7600 Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. [fabianalatorre@yahoo.com.ar](mailto:fabianalatorre@yahoo.com.ar)
2. Becaria CIC. Dpto. Biología FCEyN UNMDP. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
3. INTA EEA Concordia. Grupo de Mejoramiento Forestal. Estación Yuquerí, Entre Ríos, Argentina.
4. INTA, Av. El Libertador 2472, Montecarlo, Misiones, Argentina.

**Resumen**

*Araucaria angustifolia* es una especie nativa de Argentina en peligro crítico. Su polinización está influida por la cantidad de polen producido anualmente y la distancia que alcanza el transporte eólico. El objetivo fue analizar estas variables y su efecto en la producción de semillas. Se utilizaron captadores de polen: uno portátil en seis sitios de la Reserva Forestal Campo Anexo Manuel Belgrano INTA EEA Montecarlo y uno fijo; se colectaron conos femeninos. Se compararon las curvas polínicas 2010 y 2011; el período de polinación fue similar en duración y estacionalidad. La intensidad de polen 2010 fue tres veces mayor proporcionando mayor rendimiento de semillas en la cosecha correspondiente (2012). Se evidenció un transporte de polen de corta distancia debido al gran tamaño de grano y dependiente de la cercanía de las plantas, hecho de importancia para una especie dioica y anemófila. Estos conocimientos contribuyen a la conservación de la especie.

**Palabras clave:** polen atmosférico, semillas, pino Paraná.

**Summary**

*Araucaria angustifolia* is an Argentinean native species in critical danger. The annual pollen productivity and the airborne transport of pollen grains affect the pollination process. The aim of this study was to analyze these variables and their effect on seed production. A portable aerobiological trap was used in six sites in the INTA Forestall Reserve Campo Anexo Manuel Belgrano; one fixed trap was also employed. Female cones were collected to set seed number. The pollen curves from years 2010 and 2011 were compared. The pollination period was similar between years in relation to duration and seasonality; however, the 2010 pollen intensity was three times higher, providing a higher seed yield in the corresponding year (2012). The pollen transport was limited to plant proximities. The large size of its grains becomes a key factor for this anemophilous species with dioecy. This manuscript aims to contribute to the conservation of this species.

**Key words:** airborne pollen, seeds, Paraná pine.

## Introducción

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pino Paraná) es una conífera arbórea anemófila y dioica nativa de América del Sur donde forma parte de los bosques mixtos destacándose en el dosel superior. Las poblaciones naturales se encuentran al sur de Brasil (19°-31° S y 41°-54° O) y en poblaciones fragmentadas en Argentina (norte de Misiones).

La especie tuvo gran demanda comercial en el pasado reciente debido a su madera de muy alta calidad forestal. La explotación indiscriminada sin tener en cuenta la reforestación y su tasa de crecimiento, es una de las causas por la que sólo persiste un 2% de la superficie original siendo la especie declarada en peligro crítico de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN 2007).

Estudios preliminares enfocados a generar conocimientos sobre fenología reproductiva de esta especie, indicaron que en poblaciones argentinas existe una disminución significativa del número de esporofilos en los años con mayor temperatura media (Caccavari *et al.*, 2000). Este hecho afectaría directamente al número de granos de polen producidos y, a su vez, limitaría la producción de semillas cuya disminución ha sido observada en estas poblaciones. Dada la regeneración natural por semillas y el crecimiento lento que caracteriza a la especie, deben mantenerse extensas plantaciones destinadas a asegurar la subsistencia de las poblaciones. En este punto, debe considerarse el efecto final de un cambio climático que implique un calentamiento progresivo el cual afectaría al mantenimiento de estas poblaciones por la disminución en la producción de semillas.

La producción de semillas se encuentra influida por limitaciones en la polinización las cuales se relacionan principalmente con el bajo número de granos de polen que llega a un cono femenino. Éste puede deberse a dos causas principales: a) la disminución en la productividad polínica posiblemente asociada a condiciones climáticas estacionales previas (Bittencourt & Sebbenn, 2007) y/o a la vecería propia de la especie; y b) una limitación en el transporte eólico indicando baja dispersión del polen debido al tamaño y peso de sus granos (Caccavari, 2003) y/o a las condiciones meteorológicas durante la dispersión como la ocurrencia de precipitaciones (Latorre *et al.*, 2013).

La consideración de una probable influencia del tamaño y peso del grano de polen en la distancia de transporte eólico responde a las características morfológicas del mismo. El grano de polen es inaperturado de 80 µm de diámetro en promedio, sin sacos que favorezcan la flotabilidad y con numerosos núcleos y gránulos de almidón que le otorga un mayor peso en relación al volumen (Del Fueyo *et al.*, 2008).

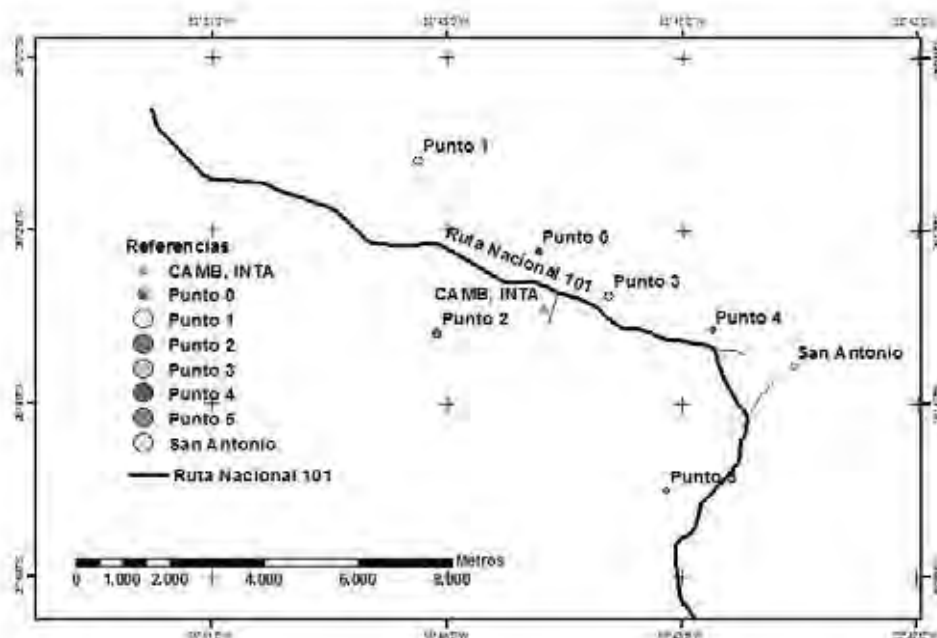
Cuando la polinización efectiva está limitada, la variabilidad genética de las semillas producidas dependerá, al menos en parte, de la distancia entre plantas femeninas y masculinas y entre poblaciones, además de las condiciones atmosféricas reinantes en la etapa de transporte atmosférico del polen durante la polinización.

Partiendo de un monitoreo continuo del polen atmosférico, se plantearon como objetivos: 1) analizar la producción polínica anual de *A. angustifolia* a través del registro polínico mediante captadores aerobiológicos, 2) estudiar las características del transporte de polen, entre ellas la distancia potencialmente alcanzada durante su dispersión eólica en relación a la ubicación espacial de las plantas, y 3) evaluar el efecto de ambas variables (producción y dispersión del polen) en la producción de semillas.

## Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en plantaciones de *A. angustifolia* pertenecientes a la Reserva Forestal del Campo Anexo Manuel Belgrano dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Montecarlo (INTA EEA Montecarlo) que comprende aproximadamente 450 ha de *A. angustifolia* cercanas a la localidad de San Antonio provincia de Misiones (26°S 53°45'W, 450-540 msnm) (figura 1).

Se utilizaron dos tipos de captadores aerobiológicos volumétricos continuos estandarizados, uno fijo y otro portátil. Ambos aspiran el aire a un ritmo de 10 litros por minuto el cual impacta en una superficie adherente donde queda fijo el material en suspensión que luego se analiza al microscopio óptico. Los monitoreos atmosféricos se realizaron por cuatro meses consecutivos de setiembre a diciembre durante los años 2010 y 2011.



**Figura 1.** Área de estudio y sitios de muestreo en San Antonio (Misiones).  
**Figure 1.** Study area and sampling sites in San Antonio (Misiones).

En el captador de polen fijo (marca Burkard) situado en una torre a 10m del suelo, las partículas aspiradas impactan sobre una cinta durante una hora, moviéndose ésta para registrar independientemente cada hora del día durante una semana completa momento en el que se realiza un recambio de cinta.

El captador de polen portátil (marca Lanzoni) fue ubicando en seis puntos de muestreo a lo largo de una transecta NE-SO coincidente con la dirección de los vientos predominantes. Los sitios 1 y 5 correspondieron a los puntos extremos de la distribución fuera de las poblaciones; el sitio 0 se estableció bajo dosel arbóreo; los sitios 2, 3 y 4 coincidieron con zonas abiertas del bosque próximas a las fuentes, especialmente el sitio 3 donde también se ubicó el captador fijo. La periodicidad del muestreo fue semanal con una duración de 30 minutos en cada sitio. El captador se ubicó a 1.5m de altura desde el suelo con la boquilla aspirante hacia los vientos predominantes. Los 6 puntos de muestreo se recorrieron en el mismo día y dentro de las horas del medio día, momento de mayor presencia de polen en el aire (Latorre & Caccavari, 2009) y condiciones atmosféricas turbulentas similares (Pérez *et al.*, 2001).

Durante los meses de mayo y junio de 2012 y 2013, se colectaron entre 5 y 15 conos femeninos en las distintas parcelas donde se realizaron los muestreos fijo y portátil. Se efectuó el conteo del número de semillas producidas por cono correspondientes al final del ciclo reproductivo para los períodos de polinización analizados (Anselmini *et al.*, 2006). Para el seguimiento fenológico de los conos masculinos en los sitios de muestreo, se aplicó una escala modificada de Anselmini (2005) empleando binoculares para realizar las observaciones.

A partir del análisis microscópico de las muestras, se obtuvo la concentración polínica horaria (número de granos de polen por metro cúbico de aire) y a partir de ella, la concentración media diaria (Rogers & Muilenberg, 2001). Los valores de períodos mayores se obtuvieron sumando las distintas concentraciones involucradas. El período de polinación (PP) corresponde al período en que se registró polen y período principal de polinación (PPP) al que acumula entre 5 y 95% del total anual.

### Resultados y discusión

Las fenofases de polinación calculadas a partir del captador de polen fijo, fueron básicamente similares entre años con el PPP ocurrido en octubre, mes que acumuló 94% del total anual en 2010 y 74% en 2011, aunque en este último año fueron registradas con unos días de retraso. Además, la concentración total de 2011 fue muy inferior respecto a la de 2010 (**tabla 1**).

Las curvas aerobiológicas mostraron varios picos de concentración durante el PPP, sin un máximo pronunciado en 2011 (**gráfico 1**).

El patrón de distribución espacial obtenido con el captador de polen portátil, fue similar entre años, con más polen registrado en las parcelas interiores de la Reserva, donde la cercanía de las fuentes era mayor, y menos en los sitios extremos, fuera de la reserva (**gráfico 2**).

En ambos años, la concentración en el sitio 0 fue muy alta comparada con el resto de los sitios. Este sitio puede considerarse indicador directo de la productividad polínica dada su ubicación bajo dosel arbóreo donde colecta tanto el polen que cae directamente desde los conos como el que se encuentra en suspensión dentro de la canopia sin intervención del transporte eólico. Debido a esta ubicación preferencial, la información obtenida desde este sitio de muestreo podría ser relacionada con el rendimiento en la cosecha de semillas. Los sitios 1 y 5, ubicados fuera de la Reserva Forestal, presentaron los menores valores en ambos años. Este polen ha sido transportado desde las fuentes emisoras y afectado por las condiciones que influyen en este proceso: tamaño del grano, velocidad del viento y humedad ambiental, principalmente.

**Tabla 1.** Características fenológicas de la polinación de *A.angustifolia* en 2010 y 2011.

**Table 1.** Phenological features of pollination period from 2010 and 2011.

Parámetros	2010	2011
<b>Inicio PP</b>	08-Sep	14-Sep
<b>Fin PP</b>	26-Dic	30-Dic
<b>Día del máximo</b>	14-Oct	17-Oct
<b>Concentración máxima</b>	3545	827
<b>Porcentaje acumulado hasta máximo</b>	54	52
<b>Número días hasta máximo</b>	37	40
<b>Número días PP</b>	110	108
<b>Polen total PP</b>	25977	7190
<b>Inicio PPP</b>	05-Oct	03-Oct
<b>Fin PPP</b>	04-Nov	12-Nov
<b>Número días PPP</b>	31	41

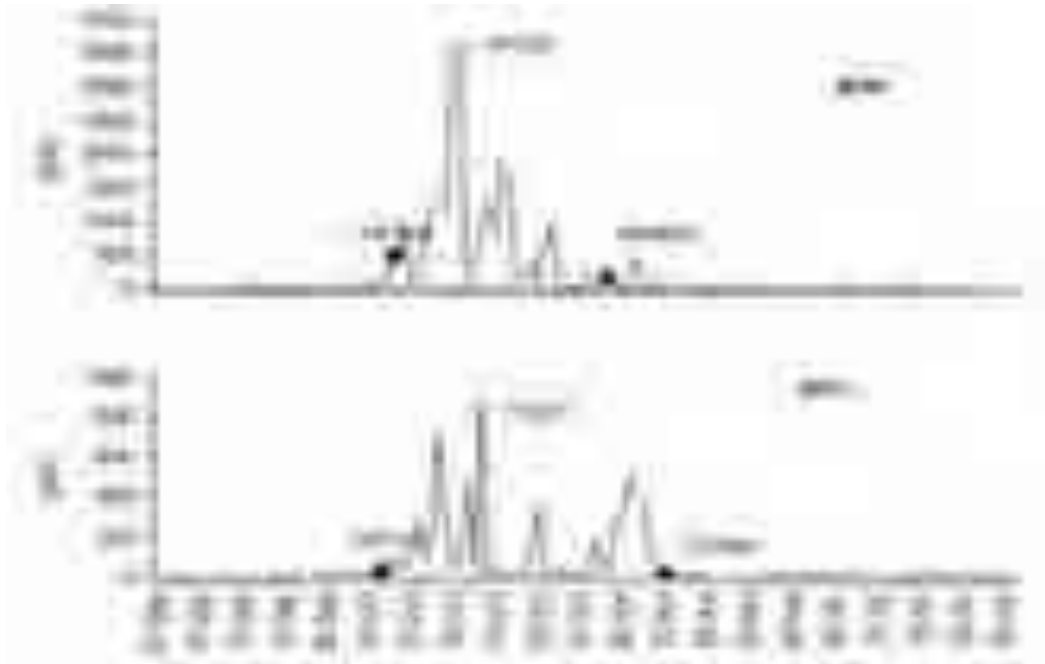


Gráfico 1. Curva de concentración polínica de *Araucaria angustifolia* durante 2010 y 2011.  
 Graph 1. Pollen curves during 2010 and 2011.

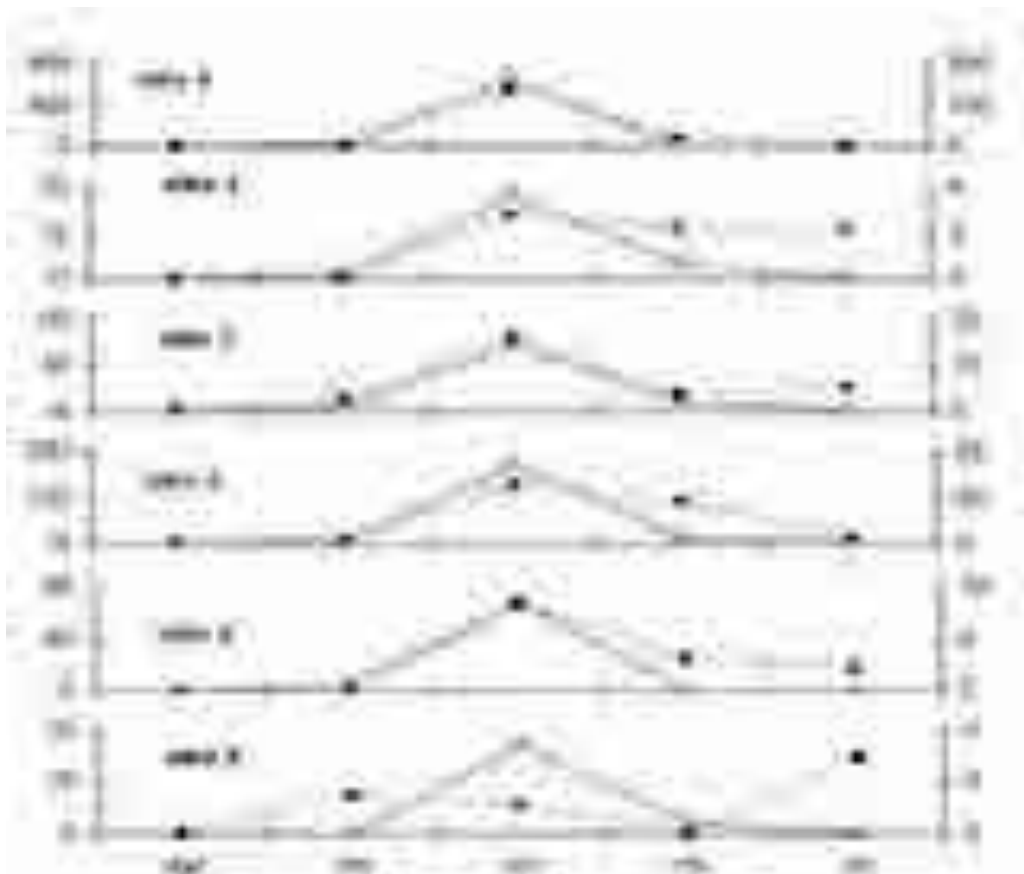


Gráfico 2. Suma mensual de la concentración de polen colectado con el captador móvil cada año en cada sitio. La línea continua corresponde a 2010 (eje izquierdo) y la línea punteada al 2011 (eje derecho).

Graph 2. Monthly sum of pollen concentration collected each year in each site.

En todos los sitios y ambos años, las curvas de polen siguen el mismo patrón general con la mayor proporción registrada en octubre. En 2011, la reducción de la concentración en noviembre no resultó tan notoria como en el año anterior destacándose valores mensuales notablemente menores que en 2010.

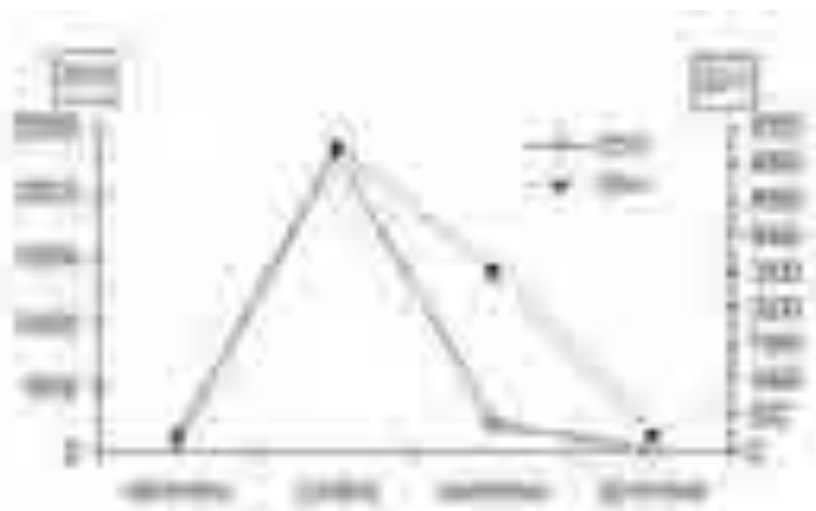
Las fenofases reproductivas en 2011 evaluadas a partir de observaciones directas de los conos masculinos, se retrasaron respecto a las de 2010 (**tabla 2**). La fase de liberación de polen ocurrió entre los meses de setiembre y octubre durante el primer año, y entre octubre y noviembre en el segundo. Similar conclusión se obtiene al analizar las sumas de polen diario colectado en los distintos meses, especialmente al final del proceso (**gráfico 3**). Si bien octubre es el mes del PPP, en noviembre del segundo año la cantidad de polen no decae tan abruptamente como en 2010.

Al comparar las productividades polínicas (datos obtenidos a partir del sitio 0 bajo canopia), se detectaron diferencias interanuales muy notorias (**gráfico 4**). El año con mayor polen (2010) produjo una mayor cantidad de semillas (2012), considerando los 20 meses que dura en promedio el período comprendido entre la polinización y la maduración de las semillas en esta especie (Anselmini & Zanette, 2008).

**Tabla 2. Observaciones del estado fenológico reproductivo de conos masculinos usando la escala de Anselmini (2005) modificada. Donde, M:2: Fase inicial de la liberación de polen; M:3: Liberación de polen; M:4: Etapa final de liberación de polen; M:5: Fin de la etapa de liberación de polen.**

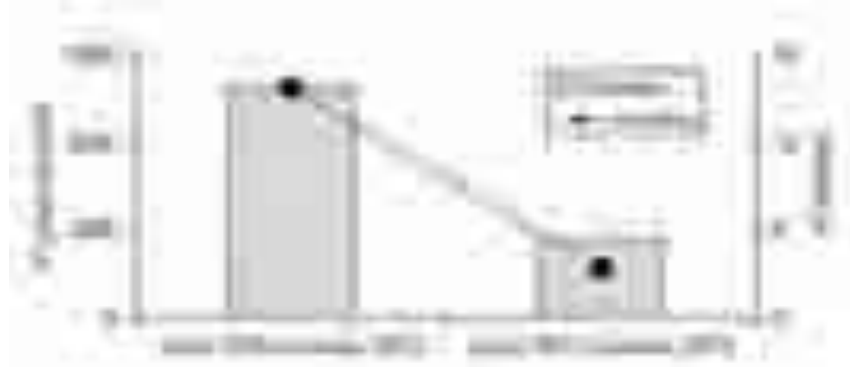
**Table 2. Reproductive phenological phases using Anselmini (2005) modified scale.**

<b>Período</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Setiembre</b>	M:2 y M:3	M:2
<b>Octubre</b>	M:3 y M:4	M:2 y M:3
<b>Noviembre</b>	M:5	M: 3 y M:4
<b>Diciembre</b>	M.5	



**Gráfico 3. Suma mensual del polen cada año.**

**Graph 3. Monthly pollen sums.**



**Gráfico 4. Suma del polen colectado en el sitio 0 y número promedio de semillas por cono.**  
**Graph 4. Pollen sum from site 0 and seed number collected.**

No se detectaron en principio, diferencias importantes en las precipitaciones durante el PPP de los dos años analizados (190mm en 2010 y 213mm en 2011). Sin embargo, la temperatura previa a la polinación fue 0,5°C más alta en agosto de 2011 (año menos productivo) que en agosto del año previo. Dadas las diferencias interanuales observadas, esta última variable podría estar influyendo en la producción de polen brindando así apoyo empírico a una de la hipótesis planteada. Al respecto, continúan las investigaciones incluyendo datos de polen colectado en los años 2012 y 2013

### **Conclusiones**

La cantidad de polen se relaciona directamente con la cercanía de las fuentes emisoras, por lo cual el transporte eólico de esta especie está limitado.

Si bien se mantiene una tendencia similar en la fenología de la polinación siendo octubre el mes principal, la cantidad de polen total varía entre años.

La producción de polen está directamente relacionada con la producción de semillas, lo cual permitiría anticipar prácticas silvícolas que promuevan la regeneración natural, como ser la limpieza del sotobosque en años en los que se pronostica una mayor producción de semillas.

Dadas las evidencias encontradas sobre una probable relación negativa entre la temperatura previa a la polinización y la producción de polen, se propone continuar el estudio aerobiológico siguiendo esta línea de investigación.

El conocimiento generado tiene implicancias fundamentales para la conservación de la especie.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al INTA EEA Montecarlo y personal del Campo Anexo Manuel Belgrano (San Antonio, Misiones) especialmente a Jorge Costa y Andrés Schuakzer por ayudar en las tareas de toma de muestras. PIP 0358, UNMDP EXA641/13-15/E59, convenio INTEA- EEA Montecarlo ítem 8/3.



## Bibliografía

- Anselmini, J.I. 2005. Fenología reproductiva da *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE, NA Regiao de Curitiba-PR. Tesis de Maestria. Universidad Federal de Paraná.
- Anselmini, J.I.; Zanette, F. & Bona, C. 2006. Fenología reproductiva da *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE, na região de Curitiba – PR. *Floresta e Ambiente* 13 (1): 44-52.
- Anselmini, J.I. & Zanette, F. 2008. Development and Growth Curve of the Pine Cones of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, in the Region of Curitiba – PR. BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY 51 (4): 665-669.
- Bittencourt, J.V.M. & Sebbenn, A.M. 2007. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in southern Brazil. *Heredity* 99: 580–591.
- Caccavari, M.A. 2003. Dispersión del polen de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O'Kuntze. *Rev. Mus. Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia"* 5 (2): 135-138.
- Caccavari, M.A.; Dome, E.A.; Del Fueyo, G. & Gauchat, M.E. 2000. Biología reproductiva de *Araucaria angustifolia*. Estudios palinológicos: viabilidad del polen, fertilización; Fenología de la polinización. Relatorio PROYECTO IPGRI: Conservación, manejo y uso sustentable de forestas con *Araucaria angustifolia*. Inédito. 20 pp.
- Del Fueyo, G.; Caccavari, M.A. & Dome, E.A. 2008. Morphology and structure of the pollen cone and pollen grain of the *Araucaria* species from Argentina. *Biocell.* 32(1):49-60.
- Latorre, F. & Caccavari, M.A. 2009. Airborne pollen patterns in Mar del Plata atmosphere (Argentina) and its relationship with meteorological conditions. *Aerobiologia* 25 (4): 297- 312. doi: 10.1007/s10453-009-9134-6.
- Latorre, F.; Alarcón, P. & Fassola, H. 2013. Distribución temporal y espacial del polen de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) en Misiones, Argentina. *Boletín Soc. Argent. Bot.* 48 (3-4): 453-464. ISSN 0373-580 X. [http://www.botanicargentina.com.ar/boletin/48-4/08\\_latorre.pdf](http://www.botanicargentina.com.ar/boletin/48-4/08_latorre.pdf)
- Pérez, C.F.; Gardiol, J.M. & Paez, M.M. 2001. Comparison of intradiurnal variation of airborne pollen in Mar del Plata (Argentina). Part I. Non-arboreal pollen. *Aerobiologia* 17: 151–163, 2001.
- Rogers, C. & Muilenberg, M. 2001. Comprehensive Guidelines for the operation of Hirst-Type suction bio-aerosol samplers. Pan-American Aerobiology Association, Standardized Protocols.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Lista roja 2007. [http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur\\_trabajo/sur\\_especies/sur\\_lista\\_roja/](http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_especies/sur_lista_roja/)

**AREAS DE ALTO VALOR DE CONSERVACION EN ALTO PARANA S.A.  
PROVINCIA DE MISIONES. ARGENTINA**

**AREAS OF HIGH CONSERVATION VALUE IN ALTO PARANA S.A.  
PROVINCE OF MISIONES. ARGENTINA**

**Morales Rafaela (1); Stopp P.(2); Romero F.(3);Maestri G. (4)**

- (1) Ingeniera Forestal. Consultora. Av. Martin Fierro N°3177- Posadas. Misiones <mailto:rafaelamorales12@yahoo.com.ar>
- (2) Ingeniera Forestal. Asesora en sistemas de gestión y certificación socioambientales. Facundo Quiroga s/n. Montecarlo. Misiones <mailto:patostopp@yahoo.com.ar>
- (3) Ingeniero Forestal. Consultor. Docente Area Técnica. Escuela Agrotécnica de Eldorado. Lomas del Paraná s/nMz G Casa 4. Eldorado. Misiones <mailto:romerohf2006@yahoo.com.ar>
- (4) Ingeniero Forestal, Subgerente de Patrimonio de Alto Paraná S.A., Ruta 12 km 1595. Puerto Libertad, Misiones. [gmaestri@altoparana.com](mailto:gmaestri@altoparana.com)

**Resumen**

Alto Paraná S.A posee en la Provincia de Misiones 233.651 ha de tierras de las cuales aproximadamente un 47% está cubierta por bosques nativos. La composición de este patrimonio determina numerosas interrelaciones con comunidades rurales vecinas, pueblos originarios, organismos oficiales, no gubernamentales, etc. Los bosques nativos y plantaciones forestales prestan numerosos servicios. Algunos de ellos son ampliamente reconocidos pero existen otros que deben ser evaluados y protegidos. Esto determina que existan áreas dentro del patrimonio de Alto Paraná que contengan atributos de importancia para las comunidades vecinas y que deban ser conservadas, manejadas y monitoreadas para asegurar su sustentabilidad. El presente trabajo desarrolla la experiencia de Alto Paraná S.A. en la identificación, gestión y monitoreo de atributos de altos valores de conservación en el patrimonio de la empresa en la Provincia de Misiones.

**Palabras clave:** PROFOREST, Forest Stewardship Council, Atributos

**Summary**

Alto Parana S.A. has in the Province of Misiones, Argentina, 233,651 hectares of land where about 47% is covered by native forests; the composition of the property determines numerous interrelationships with rural communities, native peoples, government agencies, NGOs, and other organizations. Native forests and forest plantations provide many services, some of them are widely recognized but there are others less known that should be evaluated and protected. In consequence, those services define the presence of areas or places within the property containing important attributes for the surrounding communities; and they must be preserved, managed and monitored ensuring their sustainability and permanence through the time. These areas with important attributes are known as high conservation values. The present paper develops the experience of Alto Paraná SA identifying, managing, and monitoring high conservation values along the company land at the Province of Misiones.

**Key words:** PROFOREST, Forest Stewardship Council, Attributes

## Introducción

Las definiciones de Alto Valor de Conservación (AVC) fueron presentadas por primera vez por el ForestStewardship Council (FSC) en la versión 4.0 de sus Principios y Criterios (PyC). La formalización de las seis categorías del enfoque AVC y la guía para su interpretación y aplicación fue elaborada en 2003 por Proforest en lo que se denominó Herramientas Prácticas para Bosques con Altos Valores de Conservación. En 2005, la recién creada Red de Recursos de AVC (HCVRN, por sus siglas en inglés) aprobó en sus Estatutos fundacionales una versión simplificada de las formulaciones existentes en las Herramientas Prácticas para Bosques con Altos Valores de Conservación y amplió su ámbito de aplicación de “Bosques de AVC” a “Áreas de AVC” (AAVC), es decir, tanto en ecosistemas forestales como no forestales (High Conservation Value Resource Network)

Alto Paraná S.A posee en la Provincia de Misiones 233.651 ha de tierras. Producto de múltiples factores su patrimonio se compone de un mosaico integrado de plantaciones y bosques nativos, cubriendo estos últimos aproximadamente el 47% de su superficie.

La distribución fragmentada de esta superficie a lo largo del territorio, la presencia de importantes macizos de bosque nativo de una condición estratégica importante respecto de conectividad, biodiversidad y otros servicios ecosistémicos, sumada a las características de la Provincia (numerosas colonias rurales, presencia de comunidades originarias en activo crecimiento, etc.) determina que existan áreas dentro del patrimonio de Alto Paraná que contengan atributos de importancia para las comunidades vecinas y que deban ser conservadas, manejadas y monitoreadas para asegurar su sustentabilidad.

## Materiales y métodos

Para la determinación de Áreas de Alto Valor de Conservación en el Patrimonio de Alto Paraná S.A. en la Provincia de Misiones se utilizó la metodología desarrollada por PROFOREST.

PROFOREST es una organización independiente para la gestión sostenible de los recursos naturales.

Esta organización define que un Atributo de Alto Valor de Conservación, o simplemente Alto Valor de Conservación (AVC) es un valor biológico, ecológico, social o cultural excepcionalmente significativo o de importancia crítica.

Un Área de Alto Valor de Conservación (AAVC) es aquella que presenta uno o más atributos de interés particular, especial o crítico en el contexto ambiental y/o social.

PROFOREST clasifica a los Altos Valores de Conservación en seis categorías:

AVC1 Diversidad de especies. Concentraciones de diversidad biológica, incluyendo las especies endémicas, las especies raras, amenazadas o en peligro.

AVC2 Ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje. Grandes ecosistemas a nivel del paisaje y mosaicos de ecosistemas significativos y que contienen poblaciones viables de la gran mayoría de las especies que aparecen de forma natural, en patrones naturales de distribución y abundancia

AVC3 Ecosistemas y hábitats. Ecosistemas, hábitats o refugios raros, amenazados o en peligro.

AVC4 Servicios ecosistémicos. Servicios del ecosistema básicos en situaciones críticas, incluyendo la protección de zonas de captación de agua y el control de la erosión de los suelos y las pendientes vulnerables.

AVC5 Necesidades de las comunidades. Áreas y recursos fundamentales para satisfacer las necesidades básicas de las comunidades locales o de los pueblos indígenas (para su subsistencia, salud, nutrición, agua, etc.), involucrando a dichas comunidades o pueblos indígenas.

AVC6: Valores culturales. Áreas, recursos, hábitats y paisajes, cultural, arqueológica o históricamente significativos en el ámbito mundial o nacional y/o de importancia crítica cultural, ecológica, económica o religiosa/sagrada para la cultura tradicional de las comunidades locales o de los pueblos indígenas, involucrando a dichas comunidades o pueblos indígenas.

El enfoque de Altos Valores de Conservación se basa en el cumplimiento de una serie de etapas claves: Identificación de AAVC; Gestión de AAVC; Monitoreo de AAVC

El proceso de identificación comprende el análisis de las categorías de AVC definidas anteriormente e implica la evaluación a escalas diferenciadas: Escala Global; Escala Regional; Escala local.

Para el caso de las categorías AVC 1 a 3 cobra mayor relevancia la consulta a organismos científicos y académicos. En las categorías AVC 4 a 6 es imprescindible la consulta a comunidades locales.

El proceso de evaluación e identificación de AAVC está gobernado por un principio precautorio. Esto significa que ante la existencia de indicios razonables de presencia de AVC, se debe asumir que el mismo está presente.

Partiendo de la escala global, la Provincia de Misiones se constituye en un área clave en la conservación del Bosque Atlántico por lo que los macizos continuos de bosque nativo de Alto Paraná adquieren esa condición estratégica.

A escala regional, algunos de estos macizos cumplen funciones de conectividad entre áreas de Parques, como la Reserva San Jorge con los Parques Nacional Iguazú y Provincial Uruguá-í; o cobran importancia para la sustentabilidad de áreas protegidas como es el caso de los bosques protectores del Valle del Arroyo Alegría respecto del Parque Provincial Cruce Caballero.

A escala local, algunos bosques protectores son importantes al proteger cuencas hidrográficas que abastecen a poblaciones aguas abajo como es el caso de los bosques protectores del Arroyo Tupi cuá y la ciudad de Wanda o áreas de bosque nativo que contienen recursos utilizados por comunidades originarias como los Yaboticabales en Gramado utilizados por la comunidad Alecrín.

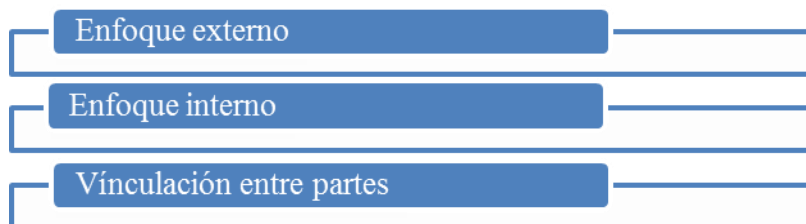
Por lo tanto, la identificación de AVC cubrió distintas etapas: Revisión de antecedentes; Consulta a Organismos oficiales y ONGs; Consulta a comunidades locales; Relevamiento y consulta a comunidades originarias.

Existen trabajos relacionados principalmente al estudio de los macizos de bosques nativos de Alto Paraná S.A. desarrollados desde fines de la década de 1990. Entre ellos se mencionan los trabajos de Eibl et al; Placci y Arditi; Gauto et al; Codesido et al; Gotz; Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones. Fundación Pro Yungas. Los mismos han planteado la existencia de AVC en los bosques nativos de la Reserva San Jorge, Valle del Arroyo Alegría, Los Palmitos y el bloque Piray San Pedro.

Según datos obtenidos de resultados del censo de población, hogares y viviendas en Argentina (INDEC 2010), la población Guaraní en la provincia de Misiones ascendía a 13.006 personas, distribuidas en poco más de 100 comunidades.

Los AVC deben ser identificados estableciendo relaciones de confianza con las comunidades originarias. Algunas de ellas pueden tener valores culturales o espirituales en sitios distintos de dónde están asentados por lo que el relevamiento debe ser amplio, respetando los tiempos propios de la cultura mbya guaraní. La metodología de relevamiento de los recursos fue participativa y necesitó de una serie de fases de trabajo:

## Fase 1:



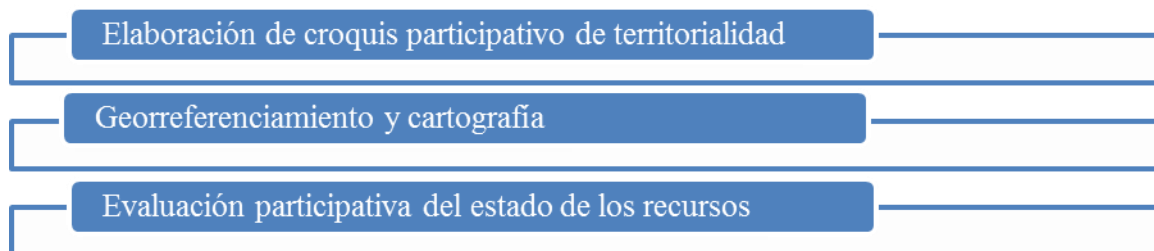
### Enfoque externo:

Se planteó identificar las comunidades indígenas ubicadas en la zona de influencia a los predios de la empresa Alto Paraná S.A con el objeto de realizar una caracterización de las mismas.

### Enfoque Interno:

El enfoque interno planteó analizar la percepción por parte de los trabajadores de la empresa sobre las comunidades indígenas, el vínculo que la empresa tiene con estos, conflictos actuales y potenciales, forma de resolverlos.

## Fase II



### Croquis de Territorialidad:

Comprendiendo la “Territorialidad” cómo toda la superficie que recorren las comunidades indígenas para realizar diferentes actividades, independientemente de los límites catastrales. Se realizaron reuniones con las autoridades y los integrantes de cada comunidad con el fin de realizar un croquis de manera participativa de la territorialidad y/o sitios de importancia identificados por ellos en los lotes de la empresa Alto Paraná S.A. Mapeo.

Se realizó marcación con GPS identificando los sitios de interés cultural y espiritual, zonas de caza, pesca y recolección, senderos, islas de recursos, aldeas antiguas, sitios de alto valor de conservación y paisajísticos, principales cursos de agua, vertientes naturales que sean de interés para la comunidad y estén dentro de los lotes de la empresa.

### Resultados y discusión

El relevamiento de Altos Valor de Conservación necesitó de la recopilación de la información existente, el aporte de personal operativo de la empresa, la contratación de consultores, la consulta a organismos y comunidades locales y originarias. Como resultado, a diciembre de 2013 fueron identificados 42 Areas de Alto Valor de Conservación.

Algunas de estas áreas protegen fundamentalmente valores ambientales y otras están relacionadas a la protección de valores sociales y culturales.

Listado de Areas de Alto Valor de Conservación identificadas a diciembre de 2013.

Nº	Área o Sitio	Fecha Identificación	Superficie (ha)	Municipio	Categoría AVC
1	Reserva San Jorge	Sept-2006	16.200	Puerto Libertad	1, 2, 3 y 4
2	Campo Los Palmitos	Sept-2006	3.000	Bernardo de Iri-goyen	1, 2, 3 y 4
3	Valle del Alegría	Sept-2006	8.550	San Pedro	1, 2, 3 y 4
4	Bosque Nativo Piray-San Pedro	Sept-2006	17.400	Piray / San Pedro	1, 2, 3 y 4
5	Isla Palacios	Sept-2012	60	Puerto Libertad	1
6	Perilago Urugua-í	Sept-2012	4.300	Puerto Libertad	1 y 4
7	Salto Yasy	Sept-2012	320	Puerto Libertad	4
8	Cementerio Puerto Libertad	Sept-2012	2	Puerto Libertad	6
9	Capilla de San Antonio de Padua	Sept-2012	0,1	Bernardo de Iri-goyen	6
10	Capilla de Cristo Redentor	Sept-2012	0,25	Capioví	6
11	Bosques Protectores del Tupi-cuá	Sept-2012	760	Wanda	4
12	Humedal Alpargata	Sept-2012	1,75	Esperanza	3
13	Sitio de Interés Arqueológico en Predio Gruta India	Sept-2012	0,1	Garuhapé	6
14	Área con Yatay Poñi, Pindocito y Cactus del Teyú Cuaré	Sept-2012	4,5	Santa Ana	1
15	Cementerio del Predio Gisela	Sept-2012	0,25	Colonia Polana	6
16	Cementerios del Predio Naranjito	Sept-2012	0,1	Jardín América	6
17	Cementerio del Predio María Antonia	Sept-2012	0,22	San Ignacio	6
18	Comunidad Amanecer I	Dic-2012	229	Puerto Libertad*	5 y 6
19	Comunidad Amanecer II	Dic-2012	Dada de baja por que la comunidad se trasladó y paso a formar parte de otra comunidad (28. Aguaray Miri)		
20	Comunidad Guayaibi Poty	Dic-2012	2058	Bernardo de Iri-goyen	5 y 6
21	Comunidad Arroyo Isla	Dic-2012	1865	Montecarlo	5 y 6
22	Comunidad Kokue Poty	Dic-2012	1865	Montecarlo	5 y 6
23	Comunidad Okarapegua	Dic-2012	2178	Montecarlo / San Vicente	5
24	Comunidad Guavira Poty	Dic-2012	2178	Montecarlo / San Vicente	5 y 6
25	Comunidad Puente Quemado I	Dic-2012	876	Garuhapé	5 y 6
26	Comunidad Puente Quemado II	Dic-2012	876	Garuhapé	5 y 6
27	Comunidad Guapoy	Oct-2013	4582	Puerto Libertad	5 y 6
28	Comunidad Aguaray Miri	Oct-2013	193	Delicia	5 y 6
29	Comunidad Aguay Poty	Oct-2013	193	Delicia	5 y 6
30	Comunidad Tekoa Miri	Oct-2013	39	Capioví	5
31	Comunidad Mbarete Sapucay	Oct-2013	93	Jardín América	5 y 6
32	Comunidad Mbaepu Porá	Oct-2013	93	Jardín América	5 y 6
33	Comunidad Guaporaity	Oct-2013	93	Jardín América	5 y 6
34	Comunidad Katu Pyry	Oct-2013	282	San Ignacio	5 y 6
35	Comunidad Kaa Timi	Oct-2013	300	San Ignacio	5 y 6
36	Comunidad Tava Miri	Oct-2013	325	San Ignacio	5 y 6
37	Comunidad Kokuerei	Oct-2013	325	San Ignacio	5 y 6
38	Comunidad Yacutinga	Oct-2013	38	Corpus	5 y 6
39	Comunidad Alecrín	Oct-2013	250	San Pedro	5 y 6
40	Comunidad Tekoa Porá	Oct-2013	57	Jardín América	5 y 6
41	Comunidad Tekoa Virgen María	Oct-2013	57	Jardín América	5 y 6
42	Comunidad Tekoa Guaraní	Oct-2013	57	Jardín América	5 y 6
43	Comunidad Chapay	Oct-2013	85	San Ignacio	5 y 6

De las 33 comunidades originarias identificadas se realizó el croquis participativo de territorialidad, mapeo de recursos e identificación de sitios de interés en 26 comunidades.

De las comunidades restantes, 3 manifestaron no hacer uso de lotes de la empresa (Ysyry, Santa Ana mini, Tekoa Añatengua, Pasarela pya ju); 2 no quisieron realizar el mapeo porque ya la hicieron con el INAI (Tapi sagy, Yaka porá); las otras 2 no tienen lotes lindantes, sino que están influenciadas por el tránsito de camiones (Andresito, Yatai mini).

Para cada AAVC se confeccionó una ficha para difusión en la que se detalla: Ubicación; Descripción; Altos Valores de Conservación (AVC) que se protegen; Amenazas a AVC; Acciones de conservación de AVC; Plan de monitoreo. Los resultados de monitoreos, consultas y nuevos relevamientos se actualizan semestralmente y son comunicados a partes interesadas.

## **Conclusiones**

El Enfoque de Altos Valores de Conservación (AVC) supone una mirada hacia el interior del patrimonio forestal de Alto Paraná S.A. relacionándolo con el contexto regional y local desde una mirada integral de paisaje. Este enfoque supera el hecho de la conservación de los recursos por sí mismos, sino que responde a interrogantes acerca de qué se protege, para qué se protege y para quienes se hace, compatibilizando la producción con los intereses generales y particulares. La interrelación de las distintas partes interesadas permitirá completar los vacíos que puedan existir respecto de temas ambientales y sociales.

## **Agradecimientos**

A Todos los colaboradores internos de Alto Paraná que con su experiencia y esfuerzo ayudaron a la detección de AVC.

A todas las Partes Interesadas que han enriquecido con sus sugerencias este relevamiento.

En especial a Daphne Pamela Colcombet por sus aportes sobre el humedal Alpargata e información sobre el humedal Alpargata y la cultura Taquara Itararé.

## **Bibliografía**

- Codesido, M., M. Arturi, V. Guerrero Borges, A. Bodrati y J. I. Areta. Relevamiento ambiental de la Reserva Forestal del Establecimiento «San Jorge». Caracterización ecológica y evaluación de su condición como unidad de conservación y manejo. Fundación Vida Silvestre Argentina (2004)
- Eibl et al. Estudio de diversidad florística de San Jorge (1999)
- Equipo técnico Facultad de Ciencias Forestales. U.Na.M Determinación de los valores de conservación de áreas de bosque nativo de la empresa Alto Paraná S.A. (2006)
- Gauto et al. Relevamiento Ecológico del Valle del Arroyo Alegría (1999)
- Götz. Informe de identificación de áreas de interés especial paisajístico y turístico (2008)
- HCVRN. Guía genérica para la identificación de ALTOS VALORES DE CONSERVACION (2013)
- Placci y Arditi. Relevamiento ecológico del Campo Los Palmitos. (1999)
- Rainforest Alliance. Estándares Interinos de Rainforest Alliance/SmartWood para Evaluaciones de Manejo Forestal en Argentina (2010)

**ESTUDIO COMPARATIVO DE INTENSIDADES DE USO GANADERO POR BOVINOS Y OVINOS EN SOTOBOSQUE DE *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted Y PASTIZALES ALEDAÑOS**

**COMPARATIVE STUDY OF LIVESTOCK (CATTLE AND SHEEP) USE INTENSITIES IN *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted UNDERSTORY AND ASSOCIATED GRASSLANDS**

M.V. Lencinas<sup>1</sup>; R. Soler<sup>1</sup>; G.J. Martínez Pastur<sup>1</sup>; G. Kreps<sup>1</sup>; P. Peri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET). Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina. E-mail: [mvlencinas@gmail.com](mailto:mvlencinas@gmail.com).

<sup>2</sup> Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz (INTA)-UNPA-CONICET.

**Resumen:** La presencia de ganado en bosques y pastizales aledaños influye fuertemente sobre la composición y abundancia de la vegetación herbácea. En este trabajo se estudia el impacto de distintas intensidades de uso ganadero sobre las plantas vasculares del sotobosque de *Nothofagus antarctica* (ñirantales) y de los pastizales aledaños, evaluando el efecto diferencial de bovinos y ovinos sobre la conservación. Se trabajó en 12 ñirantales y 18 pastizales en la zona centro-norte de Tierra del Fuego, con diferentes intensidades de uso ganadero (bovinos u ovinos). En cada sitio se realizó una caracterización de la vegetación. Las comunidades de plantas de ñirantales fueron diferentes a las de pastizales aledaños, sin que la mayor intensidad de uso disminuyera esas diferencias. Sin embargo, dichos sitios duplicaron la cobertura de monocotiledóneas exóticas respecto de sitios con menor intensidad de uso. Estos estudios permiten avanzar sobre el conocimiento de estos ecosistemas australes y su conservación.

*Palabras claves:* vegetación herbácea, especies nativas, especies exóticas, Tierra del Fuego.

**Summary:** Livestock presence strongly influences the composition and abundance of vegetation in forests and associated grasslands. We study the impact of different intensities of livestock on vascular plant understory of *Nothofagus antarctica* (ñirantales) and



associated grasslands, evaluating the differential effect of cattle and sheep on conservation. We worked in 12 ñire forests and 18 grasslands in north-central area of Tierra del Fuego, with high and low grazing intensity (cattle or sheep). At each site, vegetation was characterized. Plant communities of ñire forests were different from grasslands, but high grazing intensity did not reduce these differences. Moreover, sites with high grazing intensity doubled exotic monocot covers compared with low grazing intensity sites. These studies allow improve the knowledge of austral ecosystems and their conservation.

*Key-words:* vegetation, exotic species, native species, Tierra del Fuego.

## **Introducción**

Los ecosistemas naturales de Tierra del Fuego incluyen bosques de *Nothofagus*, arbustales, pastizales y turbales, algunos de los cuales son reconocidos internacionalmente como una de las áreas naturales más prístinas y mejor conservadas del mundo (Mittermeier et al., 2002; Rozzi et al., 2006). Sin embargo, se ha incrementado históricamente el uso de los mismos, llevándose a cabo en ellos numerosas actividades que van desde aprovechamientos forestales o silvopastoriles a actividades de recreación y turismo, las que pueden poner en riesgo la conservación de los organismos que en ellos habitan (Deferrari et al., 2001; Spagarino et al., 2001; Martínez Pastur et al., 2002) y de las funciones que sustentan. La cría de ganado doméstico (vacas y ovejas), ha sido desde la colonización una de las principales actividades productivas en la región. La presencia de ganado influye fuertemente sobre la composición y abundancia de las comunidades herbáceas. Como consecuencia se evidencian diversos grados de impacto ecológico en toda Patagonia Sur, desde la modificación de la vegetación original hasta la pérdida de la cubierta vegetal, transformación de su fisonomía o degradación del ecosistema, sobre todo de bosques, resultando en diferentes niveles de conservación de su biodiversidad y funciones originales (Peri et al., 2013).

Existen tres fuentes de impacto directo generadas por la actividad ganadera sobre los ambientes naturales: (i) el pisoteo, que se asocia a la erosión del suelo porque rompe su estructura y la compacta, a la vez que remueve la capa orgánica e incluso algunas de las plantas que ayudan a consolidarlo; y (ii) el pastoreo (en el caso de hierbas y pastos) y/o ramoneo (en el caso de especies leñosas), lo cual modifica la composición de especies de la vegetación propias de cada ecosistema, favoreciendo el desarrollo de algunas y limitando el de otras (Rosenthal y Kotanen, 1994; Cingolani et al., 2008), sobretodo en estos ecosistemas australes que evolucionaron con baja presión de herbivoría (guanacos) y (iii) facilitación del ingreso de especies invasoras (Gobbi et al., 1992).

Las reacciones de las especies que viven en estos ambientes frente a estos cambios ambientales generados por el manejo dependen de sus umbrales de tolerancia y adaptaciones particulares. Por ejemplo, se sabe que en los bosques de *Nothofagus* bajo manejo silvícola o uso ganadero se produce un impacto significativo sobre el sotobosque, donde algunas especies se perjudican con la apertura del dosel, mientras que otras incrementan fuertemente su cobertura y biomasa (Martínez Pastur et al., 2002; Soler et al., 2008; Lencinas et al., 2008a; Quinteros et al., 2010). Asimismo, pueden incorporarse especies desde otros ambientes aledaños (turbales o arbustales), que también suelen incrementar su cobertura con los disturbios (Soler et al., 2008). Finalmente, muchas especies exóticas también ingresan a estos ecosistemas luego de producido un disturbio (Soler et al., 2008; Soler, 2012).

En Patagonia Sur, las comunidades vegetales características de los bosques de *N. antarctica* difieren de las de los pastizales (Correa, 1969–1998; Moore, 1983; Roig, 1998), siendo la diversidad generalmente mayor en los pastizales que en los bosques aledaños (Lencinas et al., 2008a; 2008b; 2012a). En los bosques, predominan mayormente las dicotiledóneas, usualmente mejor adaptadas a la sombra, mientras que las monocotiledóneas son más abundantes en los pastizales. En Tierra del Fuego por otra parte, tanto el sotobosque bajo dosel de *N. antarctica* como los pastizales difieren según la zona donde desarrollen, siendo los del sur fuertemente diferentes de los de centro, norte y este de la Isla Grande, que son más semejantes entre sí (Lencinas et al., 2012b). Sin embargo, ambos ambientes presentan hasta un 38% de especies en común (Lencinas et al., 2012b), e incluyen a numerosas exóticas ampliamente distribuidas y naturalizadas, que suelen ser más numerosas y abundantes en los pastizales.

El impacto de los distintos tipos de ganado bovino y ovino sobre la biodiversidad es un tema vagamente explorado en Patagonia Sur. El ganado bovino difiere del ovino en sus hábitos de alimentación y usos del hábitat. Las ovejas son capaces de incluir más especies herbáceas y arbustivas en su dieta en comparación con el ganado vacuno (Hodgson et al., 1991), por lo que se las clasifica como herbívoros generalistas.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue estudiar el impacto de distintas intensidades de uso ganadero sobre las comunidades de plantas vasculares del sotobosque de bosques de *N. antarctica* y de los pastizales aledaños, evaluando el efecto diferencial de bovinos y ovinos sobre la conservación de la mismas.

Las preguntas a responder fueron: (1) ¿el pastoreo homogeneiza las comunidades vegetales del sotobosque bajo dosel de *N. antarctica* en relación a los pastizales aledaños?, (2) ¿distintas intensidades de pastoreo generan diferencias entre las comunidades de plantas vasculares de los pastizales y bosques utilizados?, (3) ¿existe un impacto diferencial en la diversidad de plantas vasculares de bosques y pastizales originado por distinto tipo de ganado?

### **Materiales y métodos**

Se trabajó en 12 bosques de *N. antarctica* (ñirantales) y 18 pastizales en la zona centro-norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego, sometidos a uso ganadero actual de bovinos (de raza Hereford) u ovinos (Corriedale), definido por la observación directa de ganado en el mismo. Se decidió trabajar en estas zonas (centro y norte) dada la similitud florística observada entre las mismas (Lencinas et al. 2012b). Los sitios pastoreados por bovinos fueron 8 ñirantales y 6 pastizales, mientras que en 4 ñirantales y 12 pastizales hubo ovejas. Para evaluar el impacto diferencial de distintas intensidades de uso, se buscaron sitios donde un determinado tipo de ambiente denotara un mayor y un menor uso ganadero, a menudo utilizando un alambrado como referencia. Para dicha identificación y selección, se trabajó con imágenes satelitales mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), empleando el software ArcView. En cada uno de los sitios se midió durante los meses de enero y febrero de 2014 la altura del estrato herbáceo y el estado hídrico (probeta de medición tipo TDR), mediante promedios de 5 puntos de muestreo. Además, la intensidad de uso se corroboró mediante conteo de heces en transectas de 50 m de longitud y 2 m de ancho.

La diversidad (riqueza y cobertura) de plantas vasculares presentes en cada uno de los ecosistemas identificados se evaluó mediante relevamientos visuales (Kent y Coker, 1992) durante los meses de enero y febrero de 2014, siguiendo para su identificación taxonómica a Moore (1983) y Correa (1969-1998). Las mismas se clasificaron según su taxonomía en dicotiledóneas, monocotiledóneas y pteridófitas, y según su origen, en nativas o exóticas. Para analizar en mayor profundidad estas últimas diferencias, se las diferenció entre dicotiledóneas nativas y exóticas, y monocotiledóneas nativas y exóticas. Asimismo, se estimó la cobertura relativa correspondiente a suelo desnudo u hojarasca sin vegetación, residuos (mayores a 3 cm de diámetro), musgos y hepáticas, y plantas vasculares en general.

Para la evaluación de los datos relevados, se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) de tres vías, considerando como factores principales de análisis al tipo de vegetación (bosque o pastizal), el tipo de ganado (bovino u ovino), y la intensidad de uso ganadero (menor o mayor). Cabe mencionar que las interacciones dobles y triples de los ANDEVAs no fueron significativas para la mayoría de las variables analizadas. Las comparaciones entre medias se realizaron mediante el test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Asimismo, se realizaron análisis multivariados de ordenamiento (análisis de correspondencia sin tendencia o DCA) de los sitios y las especies, y de agrupamiento (procedimiento de permutaciones multi-respuesta o MRPP) para evaluar las diferencias entre grupos pre-definidos (McCune y Mefford, 1999).

## Resultados y Discusión

La intensidad de uso ganadero, cuantificada a través del recuento de heces, fue corroborada (**tabla 1**), encontrándose diferencias significativas entre los sitios con menor y mayor intensidad de uso, pero no entre ñirantales y pastizales, o entre bovinos y ovinos. Por el contrario, la altura de las hierbas no denotó diferencias significativas para ninguno de los factores analizados. Por otra parte, la humedad del suelo difirió significativamente entre ñirantales y pastizales, así como entre sitios pastoreados por bovinos y ovinos, aunque no en sitios con distinta intensidad de uso.

Tabla 1. ANDEVAs de tres vías para la caracterización de los sitios según el tipo de vegetación, ganado e intensidad de uso, evaluada mediante la cantidad de heces, altura de hierbas y humedad del suelo.

Table 1. Three-way ANOVAs for site characterization by vegetation type, livestock and use intensity, using feces quantification, herb layer height and soil moisture.

Factores		Heces	Altura de hierbas (cm)	Humedad de suelo
<b>A: Tipo de vegetación</b>	Ñirantal	18,38	30,28	21,15 a
	Pastizal	18,88	24,32	47,7 b
	<i>F (p)</i>	<i>1,07 (0,3118)</i>	<i>2,45 (0,1320)</i>	<i>30,67 (0,0000)</i>
<b>B: Tipo de ganado</b>	Bovinos	16,21	26,18	48,64 b
	Ovinos	17,04	28,41	20,22 a
	<i>F (p)</i>	<i>0,06 (0,8076)</i>	<i>0,34 (0,5656)</i>	<i>35,15 (0,0000)</i>
<b>C: Intensidad de uso</b>	Menor	9,75 a	30,33	34,52
	Mayor	23,5 b	24,26	34,33
	<i>F (p)</i>	<i>16,54 (0,0005)</i>	<i>2,55 (0,1249)</i>	<i>0,00 (0,9681)</i>
<b>Interacciones</b>	AxB	<i>0,22 (0,6442)</i>	<i>1,26 (0,2736)</i>	<i>6,94 (0,0151)</i>
	AxC	<i>1,40 (0,2494)</i>	<i>1,02 (0,3236)</i>	<i>0,00 (0,9451)</i>
	BxC	<i>1,29 (0,2691)</i>	<i>0,21 (0,6489)</i>	<i>0,42 (0,5245)</i>
	AxBxC	<i>0,03 (0,8646)</i>	<i>0,29 (0,5929)</i>	<i>0,14 (0,7159)</i>

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a  $p < 0,005$  mediante el test de Tukey.

En cuanto a la cobertura relativa, los ñirantales presentaron significativamente más residuos que los pastizales, y menos musgos y hepáticas y plantas vasculares (**tabla 2**), sin que hubiera diferencias entre las proporciones de suelo desnudo u hojarasca sin vegetación. Por otra parte, dichas variables no presentaron diferencias significativas entre sitios pastoreados por bovinos u ovinos, mientras que la intensidad de uso repercutió significativamente solo en la cobertura de plantas vasculares, que fue mayor en sitios con mayor intensidad de uso.

Tabla 2. ANDEVAs de tres vías para la evaluación de la cobertura relativa (%) de los sitios según tipos de vegetación, ganado e intensidad de uso, clasificando la misma en suelo desnudo u hojarasca sin vegetación, residuos, musgos y hepáticas, y plantas vasculares.

Table 2. Three-way ANOVAs for relative cover (%) of each site by vegetation type, livestock and use intensity, using bare soil, debris, mosses and liverworts, and vascular plants.

Factores	Suelo sin vegetación	Residuos	Musgos y hepáticas	Plantas vasculares	
<b>A: Tipo de vegetación</b>	Ñirantal	8,12	18,75 b	4,69 a	68,44 a
	Pastizal	5,42	0,67 a	10,67 b	83,25 b
	<i>F (p)</i>	<i>1,04 (0,3189)</i>	<i>66,46 (0,0000)</i>	<i>7,86 (0,0104)</i>	<i>15,85 (0,0006)</i>
<b>B: Tipo de ganado</b>	Bovinos	4,79	9,38	8,69	77,14
	Ovinos	8,75	10,04	6,67	74,54
	<i>F (p)</i>	<i>2,22 (0,1503)</i>	<i>0,09 (0,7666)</i>	<i>0,90 (0,3537)</i>	<i>0,49 (0,4913)</i>
<b>C: Intensidad de uso</b>	Menor	8,38	11,17	8,71	71,75 a
	Mayor	5,17	8,25	6,64	79,94 b
	<i>F (p)</i>	<i>1,46 (0,2398)</i>	<i>1,73 (0,2021)</i>	<i>0,94 (0,3440)</i>	<i>4,84 (0,0386)</i>
<b>Interacciones</b>	AxB	<i>3,26 (0,0849)</i>	<i>0,09 (0,7666)</i>	<i>0,60 (0,4485)</i>	<i>2,41 (0,1352)</i>
	AxC	<i>0,92 (0,3489)</i>	<i>1,36 (0,2567)</i>	<i>7,75 (0,0108)</i>	<i>0,05 (0,8292)</i>
	BxC	<i>0,00 (0,9876)</i>	<i>2,73 (0,1125)</i>	<i>2,79 (0,1090)</i>	<i>0,00 (0,9867)</i>
	AxBxC	<i>2,61 (0,1203)</i>	<i>2,26 (0,1471)</i>	<i>2,60 (0,1213)</i>	<i>8,84 (0,0070)</i>

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a  $p < 0,005$  mediante el test de Tukey.

En todo este estudio se observaron 92 especies de plantas vasculares. La riqueza fue mayor en pastizales (71 especies, correspondientes a 50 dicotiledóneas, 20 monocotiledóneas y 1 pteridófita) que en ñirantales (49 especies, correspondiente a 31 dicotiledóneas, 15 monocotiledóneas y 2 pteridófitas), de las cuales 62 fueron nativas y 9 exóticas en los pastizales, mientras que 37 fueron nativas y 11 exóticas en los ñirantales.

La relación entre especies comunes a ambos ambientes y exclusivas de cada uno difirió respecto de otros estudios realizados en bosques y en pastizales (Lencinas et al., 2012b), encontrándose mayor proporción de especies exclusivas de ñirantales (23%), menor proporción de especies exclusivas de pastizales (48%) y también menor proporción de especies comunes a ambos tipos de ambiente (29%).

En el análisis de las coberturas de plantas vasculares por categorías taxonómicas, los ñirantales presentaron respecto de los pastizales, significativamente menor cobertura de monocotiledóneas y de nativas, y mayor cobertura de exóticas (**tabla 3**). No se detectaron diferencias para ninguna de estas categorías según el tipo de ganado, mientras que la intensidad de uso presentó significativamente mayor proporción de cobertura de exóticas en los sitios con mayor uso ganadero. A diferencia de lo observado en Lencinas et al. (2012b), la riqueza de especies exóticas en ñirantales fue ligeramente mayor que en pastizales (11 vs. 9 especies).

Tabla 3. ANDEVAs de tres vías para la evaluación de la cobertura relativa (%) de las plantas vasculares de cada sitio, según tipos de vegetación, ganado e intensidad de uso, clasificando la misma en dicotiledóneas, monocotiledóneas, pteridófitas, nativas y exóticas.

Table 3. Three-way ANOVAs for vascular plant relative cover (%) of each site by vegetation type, livestock and use intensity, using dicots, monocots, ferns, natives and exotics.

Factores		Dicotiledóneas	Monocotiledóneas	Pteridófitas	Nativas	Exóticas
<b>A: Tipo de vegetación</b>	Ñirantal	34,84	32,28 a	1,31	33,50 a	34,94 b
	Pastizal	32,81	50,19 b	0,25	73,78 b	9,48 a
	<i>F (p)</i>	<i>0,06 (0,8074)</i>	<i>5,40 (0,0298)</i>	<i>0,71 (0,4101)</i>	<i>53,58 (0,0000)</i>	<i>15,81 (0,0006)</i>
<b>B: Tipo de ganado</b>	Bovinos	29,98	45,68	1,48	58,75	18,4
	Ovinos	37,67	36,79	0,08	48,52	26,02
	<i>F (p)</i>	<i>0,87 (0,3606)</i>	<i>1,33 (0,2610)</i>	<i>1,22 (0,2819)</i>	<i>3,45 (0,0765)</i>	<i>1,42 (0,2467)</i>
<b>C: Intensidad de uso</b>	Menor	36,06	34,21	1,48	56,42	15,33 a
	Mayor	31,6	48,26	0,08	50,86	29,08 b
	<i>F (p)</i>	<i>0,29 (0,5933)</i>	<i>3,32 (0,0821)</i>	<i>1,22 (0,2819)</i>	<i>1,02 (0,3234)</i>	<i>4,61 (0,0431)</i>
<b>Interacciones</b>	AxB	<i>3,05 (0,0947)</i>	<i>1,63 (0,2155)</i>	<i>0,94 (0,3419)</i>	<i>0,92 (0,3481)</i>	<i>0,01 (0,9390)</i>
	AxC	<i>0,03 (0,8667)</i>	<i>0,02 (0,8999)</i>	<i>0,94 (0,3419)</i>	<i>3,78 (0,0649)</i>	<i>2,38 (0,1372)</i>
	BxC	<i>0,00 (0,9699)</i>	<i>0,01 (0,9130)</i>	<i>0,94 (0,3419)</i>	<i>2,15 (0,1572)</i>	<i>1,61 (0,2180)</i>
	AxBxC	<i>0,01 (0,9404)</i>	<i>1,78 (0,1956)</i>	<i>1,22 (0,2819)</i>	<i>3,51 (0,0743)</i>	<i>0,01 (0,9073)</i>

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a  $p < 0,005$  mediante el test de Tukey.

Asimismo, en el análisis según el origen para las categorías taxonómicas analizadas, solo se detectaron diferencias significativas para las monocotiledóneas, tanto nativas como exóticas (**tabla 4**). Las monocotiledóneas nativas fueron significativamente mayores en los pastizales que en los ñirantales, y a la inversa para las exóticas. Asimismo, a mayor intensidad de uso se observó una mayor cobertura de monocotiledóneas exóticas, sin detectarse diferencias para las monocotiledóneas nativas.

Muchas de las especies exóticas más comunes y observadas en todos los ambientes (ej., *Achillea millefolium*, *Cerastium fontanum*, *Poa pratensis*, *Rumex acetosella*, *Veronica serpyllifolia*, *Taraxacum officinale*) fueron introducidas desde Europa y actualmente están naturalizadas tanto en comunidades disturbadas como no disturbadas (Moore 1983). Otras especies exóticas (e.g., *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*) suelen dominar en suelos disturbados, tales como los producidos por efecto del ganado (Moore, 1983; Roig, 1998), y en este estudio estuvieron exclusivamente en bajo dosel arbóreo. Asimismo, se observaron algunas exóticas que suelen ser incorporadas como mejoradoras del forraje natural por los dueños de las estancias (e.g., *Holcus lanatus*, *Phleum pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*). Por último, cabe señalar que la invasiva *Hieracium pilosella* fue observada en el 33% de los pastizales estudiados, con coberturas promedio del 2%, siendo necesarios mayores estudios para analizar su tasa de avance e impacto sobre el resto de la vegetación nativa.

Tabla 4. ANDEVAs de tres vías para la evaluación de la cobertura relativa (%) de las plantas vasculares de cada sitio, según tipos de vegetación, ganado e intensidad de uso, clasificando la misma en dicotiledóneas nativas y exóticas, y monocotiledóneas nativas y exóticas.

Table 4. Three-way ANOVAs for vascular plant relative cover (%) of each site by vegetation type, livestock and use intensity, using native and exotic dicots, and native and exotic monocots.

Factores		Dicotiledóneas	Dicotiledóneas exóti-	Monocotiledóneas	Monocotiledóneas
		nativas	cas	nativas	exóticas
A: Tipo de vegetación	Ñirantal	19,41	15,44	12,78 a	19,44 b
	Pastizal	26,87	5,94	46,66 b	3,53 a
	<i>F (p)</i>	<i>1,10 (0,3058)</i>	<i>3,52 (0,0740)</i>	<i>20,86 (0,0002)</i>	<i>23,77 (0,0001)</i>
B: Tipo de ganado	Bovinos	21,92	8,06	35,35	10,27
	Ovinos	24,35	13,32	24,09	12,7
	<i>F (p)</i>	<i>0,12 (0,7363)</i>	<i>1,08 (0,3100)</i>	<i>2,30 (0,1434)</i>	<i>0,55 (0,4652)</i>

<b>C: Intensidad de uso</b>	Menor	28,27	7,79	26,67	7,48 a
	Mayor	18,01	13,59	32,77	15,49 b
	<i>F (p)</i>	2,08 (0,1634)	1,31 (0,2640)	0,68 (0,4199)	6,02 (0,0225)
<b>Interacciones</b>	AxB	2,72 (0,1132)	0,27 (0,6080)	1,08 (0,3109)	0,45 (0,5072)
	AxC	0,00 (0,9804)	0,10 (0,7585)	1,57 (0,2238)	6,58 (0,0177)
	BxC	0,25 (0,6206)	0,41 (0,5263)	0,59 (0,4493)	2,16 (0,1554)
	AxBxC	0,00 (0,9988)	0,02 (0,9015)	1,44 (0,2429)	0,16 (0,6886)

F= test de Fisher; (p) = probabilidad. Letras diferentes indican diferencias a  $p < 0,005$  mediante el test de Tukey.

Por último, fue posible observar grandes diferencias en el ordenamiento de ñirantales y pastizales mediante DCA (**figura 1**), las cuales fueron confirmadas mediante MRPP ( $T=-13,82$ ;  $A=0,1350$ ;  $p < 0,0001$ ), y no así entre tipos de ganado o intensidades de uso.

El uso ganadero tradicional, usualmente extensivo y poco planificado al que históricamente se sometieron los bosques de *Nothofagus* está siendo actualmente re-orientado hacia un uso silvopastoril sustentable, cuya implementación se ha ido incrementando en Santa Cruz y Tierra del Fuego durante los últimos años. El estudio de los sistemas de pastoreo tradicionales (continuos o continuos estacionales) en forma comparativa con los sistemas silvopastoriles debería incrementarse para brindar más herramientas que permitan evaluar el uso sustentable de los bosques y de su vegetación herbácea asociada, la conservación de la biodiversidad, y el impacto diferencial entre la cría de ovinos y bovinos en este tipo de ambientes.



Figura 1. DCA de los sitios (izquierda) y las especies (derecha), resaltando las diferencias entre ñirantales y pastizales. Autovectores: Eje 1=0,636; Eje 2=0,226. Varianza total: 3,834.

Figure 1. DCA for sites (left) and species (right), highlighting differences among forests and grasslands. Eigenvalues: Axis 1=0.636; Axis 2=0.226. Total variance: 3.834.



## Conclusiones

En este estudio, las comunidades de plantas vasculares de los ñirantales sometidos a pastoreo fueron diferentes a las de los pastizales aledaños, sin que la mayor intensidad de uso ganadero llegara a moderar dichas diferencias. Asimismo, se encontraron diferencias leves entre distintas intensidades de uso, siendo éstas dadas mayormente por una desigual cobertura de monocotiledóneas exóticas, que duplica en los sitios con mayor intensidad de uso a la observada en sitios con menor intensidad de uso. Por otra parte, no se detectaron diferencias significativas entre los distintos tipos de ganado, aunque se observaron diferencias marginales en la cobertura de dicotiledóneas (mayor en bovinos que en ovinos) y tendencias a un mayor incremento de las coberturas de dicotiledóneas exóticas bajo carga ovina.

**Agradecimientos:** Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PICT2012-1028 (AN-PCyT) “Impacto del uso ganadero sobre las comunidades vegetales y su entomofauna asociada, a lo largo de un gradiente latitudinal en ambientes boscosos de Patagonia Sur”.

## Bibliografía

- Cingolani AM; Noy-Meir I; Renison DB; Cabido M. 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología Austral* 18:253-271.
- Correa MN. 1969–1998. Flora Patagónica. Colección Científica INTA Tomo 8. Parts II, III, IVb, V, VI y VII. Buenos Aires.
- Deferrari G; Camilion C; Martínez Pastur G; Peri P. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: 2. Birds. *Biodiv. Conserv.* 10: 2093-2108.
- Gobbi M; Puntieri J; Calvelo S. 1995. Post-fire recovery and invasion by alien plant species in a South American woodland-steppe ecotone. Pp. 105-115 en: Pyšek P, K Prach, M Rejmánek, M Wade (eds.). *Plant Invasions: General Aspects and Special and Special Problems*. Amsterdam, Netherlands: SPB Academic Publishing.
- Hodgson J; Forbes TDA; Arivivstrong RH; Beatti MB; Hunter E. 1991. Comparative studies of the ingestive behaviour and herbage intake of sheep and cattle grazing indigenous hill plant communities. *J. Appl. Ecol.* 28: 205.
- Kent M; Coker P. 1992. *Vegetation description and analysis: a practical approach*. CRC Press-Belhaven Press, London, United Kingdom. 363 pp.
- Lencinas MV; Martínez Pastur G; Solán R; Gallo E; Cellini JM. 2008a. Forest management with variable retention impact over bryophyte communities of *Nothofagus pumilio* understory. *Forstarchiv* 79: 77-82.

- Lencinas MV; Martínez Pastur G; Rivero P; Busso C. 2008b. Conservation value of timber quality versus associated non-timber quality stands for understory diversity in *Nothofagus* forests. *Biodiv. Conserv.* 17(11): 2579-2597.
- Lencinas MV; Martínez Pastur G; Cellini JM; Busso C. 2012a. Improvement in conservation value of insect communities in South Patagonian forests managed with variable retention, in: Thangadurai, D., Busso, C., Abarca Arenas, L., Jayabalan, S. (Eds.), *Frontiers in biodiversity studies*. IK International Publishing House. New Delhi, pp 118-130.
- Lencinas MV; Martínez Pastur G; Peri PL; Soler R; Ivancich H; Cellini JM; Barrera M. 2012b. Diversidad de herbáceas y coleópteros en sistemas silvopastoriles de Tierra del Fuego. 2º Congr. Nac. Sist. Silvopastoriles. Santiago del Estero, 9-11 Mayo.
- Martínez Pastur G; Peri P; Fernández C; Staffieri G; Lencinas MV. 2002. Changes in understory species diversity during the *Nothofagus pumilio* forest management cycle. *J. Fore. Res.* 7(3): 165-174.
- Mccune B; Mefford MJ. 1999. *Multivariate analysis of ecological data*. MjM Software Design, Oregon.
- Mittermeier R; Mittermeier C; Robles-Gil C; Pilgrim J; Fonseca G; Brooks J; Konstant J. 2002. *Wilderness: Earth's last wild places*. Cemex and Conservation International, Washington, 573 pp.
- Moore DM. 1983. *Flora of Tierra del Fuego*. Anthony Nelson, England.
- Peri PL; Lencinas MV; Martínez Pastur G; Wardell-Johnson GW; Lasagno R. 2013. Diversity patterns in the steppe of Argentinean southern Patagonia: Environmental drivers and impact of grazing. En: *Steppe Ecosystems: Biological Diversity, Management and Restoration* (Eds. M.B. Morales Prieto, J. Traba Díaz). Capítulo 4, pp. 73-95. Nova Science Publishers, Inc. Hauppauge, New York, United States of America. 346 pp.
- Quinteros Q; Hansen N; Kutschker A. 2010. Composición y diversidad del sotobosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) en función de la estructura del bosque. *Ecología Austral* 20: 225-234.
- Roig F. 1998. La Vegetación de la Patagonia. In: Correa M (ed) *Flora Patagónica*. INTA Colección Científica. Tomo VIII, vol I. Buenos Aires.
- Rosenthal JP; Kotanen PM. 1994. Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Tr. Ecol. Evol.* 9: 145-148.
- Rozzi R; Massardo F; Berghoefer A; Anderson CB; Mansilla A; Mansilla M; Plana J. 2006. *Reserva de Biósfera Cabo de Hornos*. Ediciones de la Universidad de Magallanes. Punta Arenas, Chile, p. 274.
- Soler RM. 2012. *Regeneración natural de Nothofagus antarctica en bosques primarios, secundarios y bajo uso silvopastoril*. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Córdoba. 144 p.
- Soler RM; Lencinas MV; Martínez Pastur G; Bassino E. 2008. Valor de conservación de plantas del sotobosque en bosques de *Nothofagus antarctica* bajo manejo silvopastoril. III C. Nac. Conserv. Biodiv. Bs. As., 11-14 de Agosto.
- Spagarino C; Martínez Pastur G; Peri PL. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: 1. Insects. *Biodiv. Conserv.* 10: 2077-2092.

**MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y ROTURA A LA FLEXION ESTATICA Y PESOS ESPECIFICOS APARENTES DE LAS MADERAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.)O. Ktze. Y *Pinus taeda marion* IMPREGNADAS CON CA-B**

**MODULI OF ELASTICITY AND RUPTURE IN STATIC BENDING AND APPARENT SPECIFIC GRAVITY OF *Araucaria angustifolia* (Bert.)O. Ktze. AND *Pinus taeda marion* WOODS IMPREGNATED WITH CA-B**

Suirezs Teresa M.<sup>1</sup>; Pereyra O.<sup>2</sup>; Weber E.<sup>3</sup>; Bobadilla E. A.<sup>4</sup>; Marek M.<sup>5</sup>; Acevedo P.<sup>6</sup>; Morel M.<sup>6</sup>; Bragañolo A.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Mgter. Ing. Ftal. Docente. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. [suirezs@facfor.unam.edu.ar](mailto:suirezs@facfor.unam.edu.ar); [teresuirezs@hotmail.com](mailto:teresuirezs@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mgter. Ing. Ftal. Docente. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.) [opereyra@facfor.unam.edu.a](mailto:opereyra@facfor.unam.edu.a)

<sup>3</sup> Mgter. Ing. Ftal. Docente. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. [elizabeth@facfor.unam.edu.ar](mailto:elizabeth@facfor.unam.edu.ar)

<sup>4</sup> Mgter. Ing. Ftal. Docente. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. [elisa@facfor.unam.edu.ar](mailto:elisa@facfor.unam.edu.ar)

<sup>5</sup> Ing. Ftal. Docente. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. [marek@yahoo.com.ar](mailto:marek@yahoo.com.ar)

<sup>6</sup> Alumnas 5to.año Ing.Industrias. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina.

## Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo comparar los pesos específicos aparentes y la resistencia a la flexión de las maderas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, (Pino paraná) y *Pinus taeda marion* (pino marion) sin impregnar e impregnadas con CA-B (copper azole). Las maderas comerciales fueron seleccionadas en industrias de la zona, se estabilizaron y elaboraron probetas para ensayos. La impregnación se realizó con el método de Burnett. Las propiedades físicas y mecánicas, se determinaron bajo las normas IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales) N° 9544, 9532, 9542. Los módulos de elasticidad de las maderas impregnadas y sin impregnar de ambas especies presentaron diferencias estadísticamente significativas, los módulos de rotura de la madera de araucaria presentaron diferencia significativa mientras que el pino taeda no. Los pesos específicos aparentes de las maderas impregnadas y sin impregnar de ambas especies han resultado diferentes estadísticamente. Es recomendable conocer el peso específico aparente de las maderas, principalmente cuando serán usadas como estructurales, ya sean impregnadas o sin impregnar.

**Palabras clave:** *Araucaria angustifolia*; *Pinus taeda marion*; Módulo de elasticidad, Peso específico aparente; Impregnación.

---

\* Resumen publicado en actas de . 4° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano Iguazú 2013. "Manejo Forestal Sostenible, Futuro Posible".

## Summary

This work had as an objective to compare the apparent specific weights and the resistance to bending of the timbers: *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze (Parana pine) Bert ok and *Pinus taeda marion* (marion pine) without impregnation and impregnated with CA-B (copper azole). The commercial timbers were selected from industries of the area; they were stabilized for the preparation of samples to be tested. The impregnation was performed using the Burnett's The studies of the physical and mechanical properties were performed under the IRAM Norms (Argentine Institute of Rationalization of Materials) No. 9544, 9532, and 9542. The moduli of elasticity of the impregnated wood and of the wood without impregnation of both species showed in their mean values statistically significant differences, the modulus of rupture of *Araucaria* wood presented significant difference while taeda Pine did not. The apparent specific gravity of impregnated wood and wood without impregnation of both species have statistically different results. It is advisable to know the apparent specific gravity of wood, mainly when they will be used as structural timber, whether impregnated or without impregnation.

**Key words:** *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda marion*, Modulus of elasticity, Apparent specific gravity; impregnation.

## Introducción

*La madera de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze, (Pino paraná) presenta textura fina a mediana y homogénea, con grano derecho. Los anillos de crecimiento se observan a simple vista. Su madera es blanda y liviana de color blanco-amarillenta, toma un color más oscuro a través del tiempo. Presenta una densidad de 0,500 g/cm<sup>3</sup> (DIMITRI, 1977).*

*La araucaria se cultiva en casi toda la Argentina templado-cálida, desde las fronteras norteañas hasta el sur de la provincia de Buenos Aires como plantas ornamentales. En Misiones se realizan plantaciones con fin comercial. Su madera se utiliza en carpintería, construcciones civiles, tableros compensados. (BILONE, 1990).*

*GONZALEZ y SUIREZS (1994), al estudiar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de Araucaria angustifolia reforestada en Misiones, obtuvieron los siguientes resultados, peso específico aparente 0,510 g/cm<sup>3</sup>. Módulo de rotura a la flexión estática, 872 kg/cm<sup>2</sup> y el módulo de elasticidad 113103 kg/cm<sup>2</sup>.*

*SUIREZS et al. (2005), Estudiaron la madera de araucaria sin impregnar e impregnada con polietilenglicol, obteniendo los siguientes resultados, módulo de rotura a la flexión estática 677,16 kg/cm<sup>2</sup>, módulo de elasticidad 82326,35 kg/cm<sup>2</sup> y peso específico aparente 0,530 g/cm<sup>3</sup> en las maderas sin impregnar y 443,52 kg/cm<sup>2</sup>, 73790,70 kg/cm<sup>2</sup> y 0,790 g/cm<sup>3</sup> módulo de rotura y elasticidad a flexión estática y peso específico aparente respectivamente en la madera impregnada.*

*La absorción de la madera de esta especie fue de 176,40 l/m<sup>3</sup>, impregnada por el método baño caliente-frio y de 425,14 l/m<sup>3</sup>, impregnada por vacío-presión, (SUIREZS et al. 2007)*

## **Pinus taeda marion (pino marion)**

*GONZÁLEZ et al. (1993), estudió las propiedades del Pinus taeda de 13 y 14 años de edad y obtuvo valores promedios de peso específico aparente de 0,47 g/cm<sup>3</sup>. Módulo de rotura y de elasticidad a la flexión estática fue de 776 y 63748 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.*

*La madera de esta especie es medianamente penetrable (TINTO, 1978).*

SUIREZS (2005), estudio la madera de *Pinus taeda* de 14 años de edad, sin impregnar e impregnada con CCA con retenciones de 5, 10 y 15 kg/m<sup>3</sup> y no encontró diferencias estadísticamente significativas en los pesos específicos aparentes ni en los módulos de rotura y elasticidad a la flexión estática; los módulos de rotura a la flexión estática para la madera sin impregnar fue de 547,06 y 466,87; 474,30 y 468,52 kg/m<sup>2</sup> para las maderas impregnadas con 5, 10 y 15 kg/m<sup>3</sup> respectivamente. El módulo de elasticidad fue de 39260,54 para madera sin impregnar y 32023,72; 40346,83; 42228,58 kg/m<sup>2</sup> para retenciones de 5, 10 y 15 kg/m<sup>3</sup> respectivamente. Los pesos específicos aparentes de la madera sin impregnar e impregnada con 5, 10 y 15 kg/m<sup>3</sup> fueron en este orden 0,510; 0,490; 0,500 y 0,520 g/cm<sup>3</sup>.

#### **CA-B wolman E o Copper Azole**

El CA-B es un preservante hidrosoluble compuesto por cobre y un biocida orgánico, también se lo conoce con el nombre de copper azole, está aprobado por la agencia de protección ambiental de USA (EPA) y por la asociación de preservadores de madera de América (AWPA). En general, salvo alguna excepción, tiene las mismas aplicaciones que las maderas tratadas con CCA. ([wolmanizedwood.com](http://wolmanizedwood.com))

Los objetivos de este trabajo fueron determinar los pesos específicos aparentes, los módulos de elasticidad y rotura a la flexión estática de las maderas de *Araucaria angustifolia* y *Pinus taeda* marion sin impregnar e impregnadas con CA-B (copper azole).

#### **Materiales y métodos**

Las maderas de araucaria y pino taeda fueron seleccionadas al azar de las industrias locales, y se estabilizaron en el laboratorio de tecnología de la madera, hasta un contenido de humedad de 12,5 %. Luego se confeccionaron las probetas para los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas contempladas en el presente estudio. Una parte de las probetas de cada especie fue usada como testigo y la otra parte para impregnar.

Las maderas se impregnaron por el método Burnett, que consistió en aplicar vacío inicial de -0,50 kg/cm<sup>2</sup> por 5 minutos, 7 kg/cm<sup>2</sup> de presión durante 120 minutos y 5 minutos de vacío final. Las probetas luego de impregnadas fueron estacionadas bajo cubierta para su secado hasta un contenido de humedad de 12,5 %.

Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron 20 probetas por especie de maderas impregnadas y 20 probetas por especie de madera sin impregnar utilizadas estas últimas como testigo. Para realizar los ensayos físicos se utilizaron los siguientes elementos de trabajo: volumenómetro de Breuil, balanza Mettler, con precisión de 0,001 miligramos, estufas de secado con termostato para regular temperaturas de 103°C ± 2 °C, calibre con precisión de medidas de 0,02 mm, desecadores y cubetas. El análisis de los datos obtenidos se realizó a través de un análisis de variancia y comparación de medias.

Los pesos específicos aparentes de las maderas bajo estudio se determinaron con probetas de madera, como se establece en la Norma IRAM N° 9544. Imágenes 1 y 2. Utilizándose respectivamente las siguientes ecuaciones:

$$PEE = Pe/Ve; \quad PEA = Po/Vo; \quad PEB = Po/Vs$$

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



**Imagen 1. Probetas de madera de araucaria impregnada con CA-B (izquierda) y sin impregnar (derecha) para ensayo de peso específico aparente.**

**Picture 1: Araucaria wood samples impregnated with CA-B (left) and without impregnation (right) for the specific apparent weight trail.**



**Imagen 2. Probetas de madera de pino taeda impregnada con CA-B (izquierda) y sin impregnar (derecha) para ensayo de peso específico aparente.**

**Picture 2: Pino taeda wood samples impregnated with CA-B (left) and without impregnation (right) for the specific apparent weight trail.**

### **Flexión estática**

Los ensayos de flexión estática se realizaron con una máquina universal de ensayos electromecánica, con capacidad de 300 kN y sensibilidad de 300 N. La misma cuenta con elementos auxiliares para este ensayo. Los datos obtenidos se tomaron del programa que compone parte del equipo. Las mediciones de las dimensiones y de pesos de las probetas se tomaron con calibre y balanza de precisión, como lo especifica la Norma IRAM N° 9542. Con probetas de 2 cm de base x 2 cm de altura y 34 cm de largo. Imágenes 3 y 4.



Imagen 3. Probetas de madera de araucaria sin impregnar (arriba) e impregnada con CA-B (abajo) para ensayos de flexión estática.

Picture 3: Araucaria wood samples without impregnation (up) and impregnated with CA-B (down) for the static flexion trail.

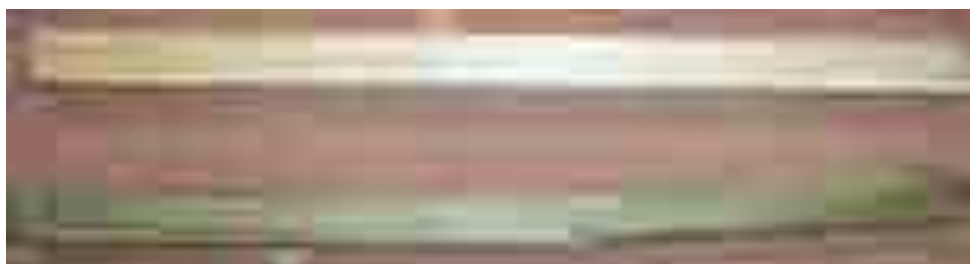


Imagen 4. Probetas de madera de pino taeda sin impregnar (arriba) e impregnada con CA-B (abajo) para ensayos de flexión estática.

Picture 4: Pino taeda wood samples without impregnation (up) and impregnated with CA-B (down) for the static flexion trail.

### Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan los valores promedios de los pesos específicos aparentes de la madera impregnada con CA-B y sin impregnar de *Araucaria angustifolia*.

Tabla 1. Valores promedios de los pesos específicos aparentes de la madera de *Araucaria angustifolia* impregnada con CA-B y sin impregnar.

Table 1: Mean values of apparent specific gravity of *Araucaria angustifolia* wood impregnated with CA-B and without impregnation.

Tratamiento	Pesos específicos	n	Media g/cm <sup>3</sup>	DS kg/cm <sup>2</sup>	CV %	Mín	Máx
impregnada	PEA	20	0,48 A	0,01	3,05	0,46	0,50
sin impregnar	PEA	20	0,54 B	0,03	5,07	0,49	0,57
impregnada	PEB	20	0,44 A	0,01	2,34	0,42	0,46
sin impregnar	PEB	20	0,47 B	0,03	6,16	0,42	0,52
impregnada	PEE	20	0,51 A	0,02	3,07	0,50	0,55
sin impregnar	PEE	20	0,56 B	0,03	4,88	0,51	0,60

PEE: peso específico aparente estacionado. PEA: peso específico aparente anhidro. PEB: peso específico aparente básico. CV: coeficiente de variación. DS: Desvío estándar. Min: Mínimo; Max: Máximo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Como se ven en la tabla 1, los valores promedios de los pesos específicos aparentes de la madera de araucaria sin impregnar e impregnada presentan diferencias estadísticamente significativas. El valor del peso específico aparente estacionado (PEE) de la madera sin impregnar es superior al obtenido por González *et al.* (1994) y Suirezs *et al.* (2005).

En la tabla 2 están representados los promedios del módulo de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática de la madera de araucaria impregnada con CA-B y sin impregnar.

**Tabla 2. Valores promedios de módulos de elasticidad y rotura a la flexión estática de la madera de *Araucaria angustifolia* impregnada con CA-B y sin impregnar.**

**Table 2: Mean values of moduli of elasticity and rupture in static bending of *Araucaria angustifolia* wood impregnated with CA-B and without impregnation.**

Tratamiento	Flexión	n	Media kg/cm <sup>2</sup>	DS kg/cm <sup>2</sup>	CV %	Mín	Máx
impregnada	MOE	20	95031,92 A	17271,50	18,17	64036,1	128000
sin impregnar	MOE	20	84337,46 B	8055,06	9,55	61363,6	94921,9
impregnada	MOR	20	755,55 A	94,44	12,50	608	972
sin impregnar	MOR	20	680,62 B	130,52	19,18	450	984,37

MOR: Módulo de rotura. MOE: Módulo de elasticidad. CV: coeficiente de variación.

DS: Desvío estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Los valores promedios obtenidos de los módulos de elasticidad (MOE) y rotura (MOR) a la flexión estática muestran diferencias significativas entre la madera impregnada y sin impregnar. El MOR y MOE de la madera sin impregnar presenta valor inferior al obtenido por González *et al.* (1994). Comparando con los valores obtenidos por Suirezs *et al.* (2005) los MOR y MOE de las maderas sin impregnar son muy similares. Los valores promedios de la madera impregnada son superiores.

Se presentan en la tabla 3 los pesos específicos aparentes de la madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B y sin impregnar.

**Tabla 3. Pesos específicos aparentes de la madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B y sin impregnar.**

**Table 3. Apparent specific gravity of *Pinus taeda* wood impregnated with CA-B and without impregnation.**

Tratamiento	Pesos específicos	n	Media g/cm <sup>3</sup>	DS kg/cm <sup>2</sup>	CV %	Mín	Máx
impregnada	PEA	20	0,53 A	0,08	16,10	0,33	0,65
sin impregnar	PEA	20	0,50 A	0,06	12,11	0,42	0,65
impregnada	PEB	20	0,47 B	0,07	15,26	0,29	0,58
sin impregnar	PEB	20	0,42 A	0,05	10,70	0,37	0,54
impregnado	PEE	20	0,56 B	0,09	15,73	0,35	0,70
sin impregnar	PEE	20	0,51 A	0,05	10,49	0,44	0,61

PEE: peso específico aparente estacionado. PEA: peso específico aparente anhidro. PEB: peso específico aparente básico. CV: coeficiente de variación. DS: Desvío estándar. Min: Mínimo; Max: Máximo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Los pesos específicos aparentes estacionado y básico presentan diferencias significativas entre madera impregnada y sin impregnar. El peso específico aparente estacionado de la madera sin impregnar es superior al obtenido por González *et al.* (1993), semejante al estudiado por Suirezs *et al.* (2005), mientras que el peso específico aparente estacionado de la madera impregnada es superior.



Se presentan en la tabla 4 los valores promedios de módulo de rotura y módulo de elasticidad a la flexión estática de la madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B y sin impregnar.

**Tabla 4.** Valores promedios de módulo de rotura y elasticidad a la flexión estática de la madera de *pinus taeda* impregnada con CA-B y sin impregnar.

**Table 4.** Mean values of modulus of rupture and elasticity to static bending of *Pinus taeda* wood impregnated with CA-B and without impregnation.

<b>Tratamiento</b>	<b>Flexión</b>	<b>n</b>	<b>Media kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>DV</b>	<b>CV %</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
impregnada	MOR	20	687,50 A	152,50	22,18	471,0	926,0
sin impregnar	MOR	20	599,80 A	160,55	26,77	337,5	871,9
impregnada	MOE	20	84823,26 A	26698,36	31,48	39683,5	134089,3
sin impregnar	MOE	20	52068,25 B	19383,46	37,23	22500,0	88815,8

MOR: Módulo de rotura. MOE: Módulo de elasticidad. CV: coeficiente de variación. DS: Desvío estándar. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

Los módulos de rotura de la madera impregnada y sin impregnar no presentan diferencias significativas. Si se observa diferencia estadísticamente significativa entre los módulos de elasticidad. Los valores de MOR y MOE de la madera sin impregnar son inferiores a los que obtuvieron González *et al.* (1993). El MOR y MOE de las maderas impregnada y sin impregnar son superiores a los de Suirezs *et al.* (2005).

## Conclusiones

Los pesos específicos aparentes de la madera de *Araucaria angustifolia* impregnada y sin impregnar presentan diferencias estadísticamente significativas en sus valores promedios.

Los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática de la madera de *Araucaria angustifolia* impregnada y sin impregnar presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Los pesos específicos aparentes estacionado y básico de la madera de *Pinus taeda* impregnada y sin impregnar presentan diferencias estadísticamente significativas en sus valores promedios, mientras que el peso específico aparente anhidro no presentan diferencias significativas.

Los módulos de elasticidad de la madera de *Pinus taeda* impregnada con CA-B y sin impregnar presentan diferencias estadísticamente significativas. Los módulos de rotura no presentaron diferencias significativas.

Se recomienda tener en cuenta el peso específico aparente de las piezas de madera de estas especies antes de definir su aplicación, estén impregnadas o no, sobre todo en el caso de ser usadas como material portante, ya que las probetas de madera para los ensayos fueron tomadas al azar.

## Bibliografía

- Dimitri Jorge. 1977. Libro del Árbol, Tomo I, Esencias forestales indígenas de la Argentina de aplicación ornamental. Celulosa Argentina S.A.
- IRAM 9544, (1973). Método de la determinación de la densidad aparente. Instituto argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires.
- IRAM 9532, (1963). Método de determinación de la humedad. Instituto argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires.
- IRAM 9542, (1973). Método de ensayo de flexión estática. Instituto argentino de racionalización de materiales. Buenos Aires.
- González, R. A.; Pereyra, O.; Suirezs, T.M. 1993. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera de *Pinus taeda* reforestado en la provincia de Misiones, Argentina. Yvyretá N° 4. Pg. 4-8.
- González, R.; Suirezs, T. M. 1994. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera de pino paraná (*Araucaria angustifolia*) reforestado en la provincia de Misiones. Yvyretá N° 5. Pg. 4-8.
- Suirezs, T. M. 2005. Comportamiento de la madera de *pinus taeda* impregnado con arseniato de cobre cromatado (CCA). Publicado en la Revista FLORESTA Volumen 35 número 1. FUPEF. Universidad Federal do Paraná.
- Suirezs, T. M.; Bobadilla, E. A.; Stehr A. M.; Wanderer R.; Redka L.; Kahlstorf H. 2005. Comportamiento de las maderas de *Araucaria angustifolia* y *Bastardiopsis densiflora* impregnada con Polietilenglicol. Guía de Resúmenes de investigación, III Jornadas Científico Tecnológicas de la UNAM y V de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Posadas, Misiones.
- Suirezs, T.; Pereyra, O.; Bobadilla, A.; Weber, E.; Bernio J. C.; Wanderer R.; Bischel, R.; Amarilla M.; Bayer G.; Jejer S. R.; Magnago S. 2007. Absorción, retención y penetrabilidad en maderas de corta durabilidad impregnadas por los métodos baño caliente-frío y vacío-presión. Proyecto de investigación. CODIGO ISIF: ISIF II 17.
- Tinto, José. 1978. Aporte del Sector Forestal a la Construcción de Viviendas. IFONA, Folleto Técnico Forestal N° 44. Segunda edición.
- [www.wolmanizedwood.com](http://www.wolmanizedwood.com)

**APLICACIÓN DE SILICATOS EN MADERA DE PINO PONDEROSA PARA PISOS, MUEBLERÍA Y OTROS USOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

**APPLICATION OF SILICATES IN PONDEROUS PINE WOOD FOR FLOORS, FURNITURE STORE AND OTHER USES IN THE CONSTRUCTION**

**Refort María Mercedes<sup>1</sup>; G.D Keil<sup>2</sup>; R. Cámara<sup>3</sup> & L. Luna<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniera Forestal, Ayudante Diplomada. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, mmrefort@gmail.com

<sup>2</sup>Msc Ingeniero Forestal, Profesor Adjunto. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, gabrieldkeil@yahoo.com.ar

<sup>3</sup>Licenciado, Gerente Empresa Química Bosques S. A, ricardocamera@direth.com.ar

<sup>4</sup>Dra Ciencias Naturales, Jefe de Trabajos Prácticos. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, CIC-BA, lujan\_luna@yahoo.com.ar

**Resumen**

El objetivo del trabajo fue estudiar el comportamiento de la madera de *Pinus ponderosa* Douglas Ex. Laws impregnada con diferentes productos y tratamientos y su influencia sobre las propiedades tecnológicas. Las muestras se impregnaron en autoclave y con baño caliente-frío, con soluciones a base de silicio. Se determinaron: absorción, retención nominal y real, contenido de humedad, densidad normal y dureza Janka (con y sin estufa). La anatomía fue evaluada mediante Microscopio Electrónico de Barrido. Se obtuvieron mayores valores de absorción y retención en baño caliente-frío y en autoclave (temperatura ambiente). Se observaron depósitos compactos de silicatos en punteaduras y lúmenes de las traqueidas y depósitos granulosos en paredes internas. La dureza y la densidad aumentaron en la mayoría de los tratamientos, hasta un 68% y 16%, respectivamente. Las mejoras en las características naturales potencian el uso de la madera impregnada con silicatos, en construcción, pisos y muebles.

**Palabras clave:** impregnación, dureza, densidad, anatomía

**Summary**

The aim of this work was to study the behavior of *Pinus ponderosa* impregnated wood with different products and treatments and its influence in the technological properties. The samples were impregnated in autoclave and with hot and cold bath, with solutions based in silicon. The absorption and real and nominal retention, moisture content, normal density and Janka hardness (with and without oven) were determined. The anatomy was evaluated by sweep electronic microscope. Higher absorption values and retention were obtained with hot and cold bath and in autoclave (atmosphere temperature). Compact deposits were observed in tracheid pits and lumens and granular deposits in internal wall. The hardness and density increased in most treatments, up 68 and 16%, respectively. The natural characteristics improvements increase the impregnated wood use with silicate, in building, floor and furniture.

**Keywords:** impregnation, hardness, density, anatomy

## Introducción

Existen numerosas investigaciones sobre la incorporación de silicio a la madera con el objeto de mejorar sus características naturales. Diferentes formulaciones a base de dióxido de silicio han sido incorporadas en la madera con fines ignífugos y biocidas, (Pereyra & Giudice, 2008). Según Durán et al. (2012), el silicio combinado con el boro realiza un proceso de polimerización en la madera, impidiendo la solubilización del boro, aportando dureza, aumentando la resistencia mecánica y su estabilidad dimensional, (González, 2008), características importantes en el empleo de la madera para la fabricación de muebles, pisos y piezas para la construcción.

El método Bethell es el procedimiento más difundido entre los tratamientos industriales con presión, con él se obtienen las mayores retenciones de producto por volumen de madera impregnada, mientras que el baño caliente frío es el método más efectivo sin uso de presión externa, con la ventaja de la baja inversión en equipamiento, (Andía & Keil, 2004).

El Pino ponderosa es actualmente la especie forestal más implantada en la región de los andes patagónicos, concentrándose en la precordillera andina de las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, (Gonda, 2001). Se encuentran forestadas en la actualidad alrededor de 70.000 ha con pináceas, de las cuales 56.000 ha corresponden a *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws (Chauchard, 2012), con valores de crecimiento de entre 6,07 y 44,62 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> asociados a diferentes condiciones de sitio, (Girardin, 1995). La provincia de Neuquén ha sido la provincia pionera en el establecimiento de bosques implantados para la producción de materia prima. Al igual que otras regiones de Argentina, posee un alto potencial para convertirse en un polo de desarrollo forestal dada la gran superficie de tierras aptas para cultivar árboles y los altos crecimientos que estos presentan. Impulsar este potencial permitiría reducir paulatinamente el carácter de fuerte importador de productos forestales que tiene la región, (Gonda, 2009).

El comercio exterior de muebles de madera de la República Argentina es altamente deficitario, según estadísticas del INDEC para 2010, se exportó por 14.898.220 US\$, mientras que las importaciones fueron de 40.868.443, representado un déficit en la balanza comercial de 25.970.224 US\$. Esto implica un interesante mercado interno por satisfacer y un mercado exterior potencial hacia países como China, Estados Unidos y Brasil, (Ladrón González & Maslatón, 2012).

En Argentina, existe una gama de productos que se fabrican con madera de pino ponderosa, relacionados principalmente a la construcción, entre estos tablas y tirantes de madera para encofrados, tablas para bins y pallets, machimbre, ladrillos y productos encolados como vigas laminadas y tablero de listones, (Spavento & Keil, 2011).

Las propiedades físicas en general y el valor de densidad en particular, constituyen un importante criterio de evaluación de la calidad de la madera para diferentes usos, (Coronel, 1994). Así, los ensayos de absorción de agua por inmersión dan un parámetro sobre la impermeabilización del material, (Keil et al., 2005), mientras que los valores de dureza pueden limitar el uso de la madera en la fabricación de pisos y muebles.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de la madera de Pino ponderosa impregnada, con diferentes productos y tratamientos y su influencia sobre las propiedades tecnológicas.

## Materiales y métodos

Se trabajó con madera de pino ponderosa de 29 años de edad de la provincia de Neuquén de un rodal ubicado en la localidad de Junín de los Andes (Lat. 39°55'03"; Long. 71°05'03"; altitud 950). El aserrado de la madera se realizó en el Parque Industrial de Junín de los Andes. Los listones secos y cepillados de sección cuadrada de 50x50 mm, de 20x20 mm de lado y de longitud de 400 mm fueron remitidos a la carpintería de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, donde se dimensionaron las probetas según norma para todos los ensayos planteados. Las impregnaciones se realizaron en planta piloto con autoclave de 40 litros de capacidad en la Empresa Direth SA. Las soluciones y tratamientos de impregnación se especifican en la **tabla 1**.

**Tabla 1: Soluciones, métodos y parámetros del proceso de impregnación y baño caliente-frío.**  
**Table 1: Solutions, methods and parameters of the process of impregnation and warm-cold bath.**

Solución	Tratamiento	Método	Parámetros de Proceso
<b>Solución A</b> SiO <sub>2</sub> (10g) Na <sub>2</sub> O(1,80g) K <sub>2</sub> O(1,82g) C.S.P. H <sub>2</sub> O(100g)	A	Bethell modificado (vacío-presión)	Vacío inicial 650Hg, 10 min. Presión 3,50kg.cm-2, 20 min. Vacío final no. Temperatura
	B	Bethell modificado (vacío-presión)	Vacío inicial 650Hg, 10 min. Presión 3,50kg.cm-2, 20 min. Vacío final no. Temperatura
	C	Baño caliente frío	Calentamiento 85°C, 60 min., mantenido hasta enfriamiento 18°C. Tiempo total 12 hr
	D	Bethell modificado (vacío-presión)	Vacío inicial 650Hg, 30 min. Presión 3,50kg.cm-2, 360 min. Vacío final no. Temperatura
	E	Bethell modificado (vacío-presión)	Vacío inicial 650Hg, 30 min. Presión 3,50kg.cm-2, 720 min. Vacío final no. Temperatura
<b>Solución B</b> SiO <sub>2</sub> (10g) Na <sub>2</sub> O(3,15g) K <sub>2</sub> O(0,60g) B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0,85g) C.S.P. H <sub>2</sub> O(100g)	F	Bethell modificado (vacío-presión)	Vacío inicial 650Hg, 10 min. Presión 3,50kg.cm-2, 20 min. Vacío final no. Temperatura
	G	Bethell modificado (vacío-presión)	Vacío inicial 650Hg, 10 min. Presión 3,50kg.cm-2, 20 min. Vacío final no. Temperatura 45°C
	H	Baño caliente frío	Calentamiento 85°C, 60 min., mantenido hasta enfriamiento 18°C. Tiempo total 12 hr

Posterior a la impregnación se calcularon los parámetros de impregnación según norma IRAM 9600, las fórmulas se describen a continuación.

$$A = \frac{Pf - Pi}{V} \quad (1)$$

Donde:

A= absorción en Kg.m<sup>-3</sup>

Pf: peso final en Kg

Pi: peso inicial en Kg

V: volumen de la probeta en m<sup>3</sup>

$$Rn = \frac{A * C}{100} \quad (2)$$

Donde:

Rn: retención nominal en Kg.m<sup>-3</sup>

C: concentración de la solución impregnante; en %.

$$Ra = \frac{Rn * Do}{Dx} \quad (3)$$

Donde:

Ra: Retención real

Rn: retención nominal del preservante en Kg.m<sup>-3</sup>

Do: densidad aparente anhidra en kg.dm<sup>-3</sup>

Dx: densidad de referencia para coníferas 0,45 kg.dm<sup>-3</sup>

*Se determinó el contenido de humedad (IRAM 9532, 1963) sobre el material testigo sin impregnar e impregnado, previo y posterior a colocar en estufa durante 20 días.*

*La densidad aparente normal se determinó en material testigo e impregnado mediante norma, (IRAM 9544, 1985).*

*La absorción de agua destilada se realizó por inmersión total de las probetas testigos e impregnadas, dentro de bandejas plásticas. La absorción se calculó por diferencia de pesos antes y después de la inmersión, referidos en porcentajes al aumento de peso con respecto al inicial. Se ensayaron 4 tiempos de inmersión: 24, 48, 168 y 360 horas.*

La dureza Janka fue determinada en dos condiciones de contenido de humedad, previo y posterior a estufa, según norma, (IRAM 9570, 1971). Fueron determinadas las solicitaciones en cada uno de los planos de cada probeta (transversal, radial y tangencial).

El estudio de la distribución del impregnante en el tejido se realizó con microscopio electrónico de barrido (MEB). Se obtuvieron cortes en los planos transversal, longitudinal radial y tangencial. Las observaciones se realizaron en un microscopio JEOL JSMT-100.

Al conjunto de datos de cada variable (excluyendo MEB), se le calcularon la media, desvío estándar y coeficiente de variabilidad. Los datos obtenidos fueron estudiados a partir del análisis de la varianza y ante diferencias significativas de los parámetros entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), se aplicó el test de comparación de medias de Tukey.

## Resultados y discusión

### Contenido de humedad

El contenido de humedad (CH) de la madera previo a la colocación en estufa tuvo un valor medio de 11,05%, es decir, un material equivalente a un secado en horno para madera en uso en mueblería. Posterior a la estufa, el material obtuvo un valor medio de 8,5%, siendo equivalente a un secado en horno para pisos.

### Densidad aparente normal

En la **tabla 3** se detallan los resultados del estudio de la densidad aparente normal, para el testigo y las probetas impregnadas.

**Tabla 3: Resultados de la densidad aparente normal del testigo y los 8 tratamientos de impregnación.**  
**Table 3: Results of the normal apparent density of the witness and 8 treatments of impregnation.**

Concentración SiO <sub>2</sub> (%)	Densidad aparente normal (kg.dm <sup>-3</sup> )*
Testigo	0,43 a
A	0,45 abc
B	0,46 ab
C	0,48 bc
D	0,44 ab
E	0,49 bc
F	0,50 c
G	0,44 a
H	0,44 a

\* Letras diferentes denotan diferencias significativas.

Se observan diferencias significativas entre ciertos tratamientos. C, E y F presentaron diferencias significativas con el testigo. Asimismo, la densidad aumentó en todos los tratamientos, hasta un 16%. Siendo la densidad, un parámetro de calidad de madera, este aumento del valor en el material impregnado presupone una mejora en las restantes propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas.

#### Parámetros de impregnación

En la tabla 4 se muestran los valores de absorción, retención real y retención nominal para los 8 tratamientos.

**Tabla 4: Parámetros obtenidos luego de la impregnación de la madera.**  
**Table 4: Parameters obtained after the impregnation of the wood.**

Tratamientos	Absorción (kg.m <sup>-3</sup> )	Retención nominal (kg.m <sup>-3</sup> )	Retención real (kg.m <sup>-3</sup> )
A	119,72 a	8,98 a	7,98 a
B	145,64 a	10,92 a	9,71 a
C	405,04 c	30,38 c	27,00 c
D	152,32 a	11,42 a	10,15 a
E	153,96 a	11,55 a	10,26 a
F	556,76 d	41,76 d	37,12 d
G	322,44 b	24,78 b	21,50 b
H	424,20 c	32,82 c	28,28 c

\* Letras diferentes denotan diferencias significativas.

Se observaron diferencias significativas en los tres parámetros de impregnación. Resaltando los valores de los tratamientos con baño caliente-frío y Bethell a temperatura ambiente. Los valores de absorción en este estudio fueron en todos los tratamientos (excepto el A), superiores a los encontrados por Pereyra & Giudice (2009) con el empleo de silicatos de sodio y potasio con fines ignífugos (122 a 126 kg.m<sup>-3</sup>) en impregnación de *Araucaria angustifolia*. Asimismo, Canosa et al. (2011), obtuvieron valores inferiores al del presente estudio, impregnando con silicatos madera de *Pinus radiata*.

## Dureza Janka

Los resultados de dureza del testigo y probetas impregnadas, previo a la colocación en estufa, se muestran en la **tabla 5**. La comparación de durezas, previo y posterior a estufa se muestran en la **tabla 6**.

**Tabla 5: Resultados de dureza Janka previo a la estufa, del testigo y los 8 tratamientos.**  
**Table 5: Results of hardness Janka before the stove, of the witness and 8 treatments.**

Tratamientos	Dureza Transversal (N.mm <sup>-2</sup> )	Dureza Tangencial (N.mm <sup>-2</sup> )	Dureza Radial (N.mm <sup>-2</sup> )
TESTIGO	29,77 a	27,42 cd	24,90 ab
A	32,34 ab	23,64 abcd	23,64 ab
B	32,22 ab	27,44 bcd	23,94 ab
C	39,44 d	22,96 ab	23,94 ab
D	31,60 ab	25,05 abcd	24,74 ab
E	36,38 cd	34,54 e	33,74 c
F	34,30 bc	29,64 de	26,76 b
G	31,36 ab	21,38 a	21,31 a
H	33,07 bc	24,86 abcd	25,66 ab

\* Letras diferentes denotan diferencias significativas.

Los valores de dureza tangencial y radial no mostraron un comportamiento uniforme, experimentando mejoras sólo en algunos tratamientos, resaltando el tratamiento E que aumentó en las dos direcciones con respecto al testigo, logrando aumentos de hasta un 25% y 35%, respectivamente. La dureza transversal aumentó en todos los casos, sin embargo, sólo los tratamientos C, E, F y H presentaron diferencias significativas con el testigo. En esta dirección se lograron aumentos de hasta un 32%. La diferencia hallada entre los planos de estudio pudo deberse a la mayor penetración en el sentido axial del silicato, debido a la disposición de los elementos anatómicos, donde es conocido que el flujo de líquidos dentro de una pieza de madera es mayor en sentido axial, con respecto a los sentidos tangencial y radial (JUNAC, 1988).

**Tabla 6: Resultados de Dureza Janka previo y posterior a la colocación en estufa.**  
**Table 6: Results of Janka Hardness of before and later to the placement in stove.**

	A	B	C	D	E	F	G	H
DTr C/E*	43,73 a	43,00 a	46,67 a	46,18 a	45,94 a	47,20 a	42,75 a	43,86 a
DTr S/E*	32,34 b	32,22 b	39,45 b	31,61 b	36,38 b	34,30 b	31,36 b	33,08 b
DTg C/E*	28,48 a	32,71 a	27,50 a	31,79 a	36,08 a	30,22 a	25,30 a	24,68 a
DTg S/E*	23,64 b	27,44 b	22,97 b	25,05 b	34,55 a	29,65 a	21,38 a	24,87 a
DRd C/E*	26,09 a	28,36 a	26,52 a	25,66 a	33,69 a	27,03 a	27,81 a	27,99 a
DRd S/E*	23,64 a	23,95 b	23,95 a	24,75 a	33,75 a	26,77 a	21,32 b	25,66 a

\* Durezas transversales (DTr), tangenciales (DTg) y radiales (DRd), con estufa (C/E) y sin estufa (S/E), respectivamente. \* Letras diferentes denotan diferencias significativas.



Se observa en la tabla que en los planos tangencial y radial no hubo un comportamiento uniforme, con y sin estufa, sin embargo se logró un aumento significativo de la dureza transversal en todos los tratamientos de las probetas luego de ser colocadas en estufa durante 20 días. Se lograron aumentos de hasta un 68 %, resultando los tratamientos C, D y F los de mayor aumento. La disminución de humedad influye en el aumento de la resistencia mecánica, asimismo, también pudo influir en una mejor cristalización del silicato y debido a ello un mayor aumento de dureza de las probetas, posterior a la estufa, (Camarena Tello, 2010). Asimismo, el ensayo de dureza permite determinar la aptitud de la madera para ser usada en la fabricación de pisos o solados, entre otros, (Coronel 1995). En este caso, se logró un aumento importante de la dureza transversal, pudiendo considerarse adecuada para pisos tipo adoquín donde la superficie transversal es la sometida a desgaste, (Peraza, 2008).

### Absorción de agua

En la **tabla 7** se muestran los resultados de absorción de agua para los 4 tiempos de inmersión.

En cuanto a la absorción de agua por inmersión como indicador de la impermeabilidad del material, se puede apreciar que todos los tratamientos se diferenciaron significativamente del testigo. Los valores hallados a las 360 horas fueron similares al de la madera de álamo impregnada con metacrilato de metilo, donde Andía et al. (1996) hallaron un valor de 44,21% para madera sumergida durante 384 horas. La disminución significativa de la absorción de agua de la madera impregnada, presupone una reducción en los cambios dimensionales que experimentan las piezas de madera en servicio.

**Tabla 7: Resultados de absorción de agua de las probetas impregnadas y el testigo.**  
**Table 7: Results of water absorption of the impregnated manometers and the witness.**

Tratamientos	Absorción de agua (%)			
	24 horas	48 horas	168 horas	360 horas
A	21,01 a	26,49 a	35,54 a	41,93 a
B	23,47 bcd	28,38 abc	36,61 abc	44,13 ab
C	25,42 d	30,94 cd	37,34 abc	44,48 ab
D	21,62 ab	27,84 ab	36,27 ab	44,24 ab
E	23,04 abc	29,17 bcd	37,44 abc	45,26 b
F	29,02 e	34,55 e	40,73 e	46,84 b
G	23,30 abcd	30,42 bcd	38,28 bc	45,93 b
H	24,61 cd	31,12 d	38,63 cd	45,93 b
TESTIGO	44,01 f	47,82 f	72,54 f	84,67 c

\* Letras diferentes denotan diferencias significativas.

### Anatomía con MEB

Se observó que la distribución del impregnante fue uniforme en todo el tejido, en una capa superficial del material. Se registraron depósitos de silicatos en las punteaduras areoladas de las traqueidas, más específicamente en las membranas, obstruyendo de este modo la comunicación entre células (Figuras Izq.). En ciertas muestras se observaron, depósitos compactos en punteaduras areoladas y en el lumen de traqueidas y depósitos granulados sobre la pared interna de traqueidas. Depósitos compactos de silicatos ocupando los lúmenes de las traqueidas y depósitos granulados (precipitados) sobre las paredes inter-

nas de las traqueidas (Figura Der.). Estas observaciones sugieren, que existen ciertos inconvenientes para impregnar totalmente el material, posiblemente relacionados a la viscosidad y el Ph del impregnante, los cuales de optimizarse llevarían a una penetración total y uniforme en la madera, contribuyendo a mejorar aún más las propiedades tecnológicas del material leñoso.



### **Conclusiones**

Es posible la incorporación de silicatos en la madera de pino ponderosa, con valores de absorción superiores, a los hallados en otras investigaciones para este tipo de impregnantes.

Se lograron aumentos del orden del 16% en el valor de densidad aparente normal y aumentos de dureza con valores de hasta 68% en el plano transversal.

Los valores de absorción de agua presuponen una mejora importante en la impermeabilización del material y una disminución en los cambios dimensionales de la madera en servicio.

Con MEB, se observó que la distribución del impregnante fue uniforme en todo el tejido en una capa superficial del material.

Los mejores resultados se obtuvieron por los tratamientos baño caliente-frío y Bethell a temperatura ambiente.

Las mejoras en las características naturales, potencian el uso de la madera impregnada con silicatos, en construcción, pisos y muebles.

## Bibliografía

- Andía, I.; O. Otaño & G. Keil. (1996). *Endurecimiento de madera de álamo mediante la impregnación en autoclave con una mezcla monómero – catalizador*. Desarrollo Experimental e Informe. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Expte: 200-205/94. La Plata. p. 50.
- Andía, I. & G. Keil. (2004). Procesos y Equipos. Curso de actualización para Graduados: Biodegradación y Preservación de la Madera. Asentamiento Universitario San Martín de los Andes. Universidad Nacional de Comahue. p. 12.
- Camarena Tello. J.C. (2010). Caracterización físico mecánica de la madera de *Acrocarpus fraxinifolius*. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. México. p. 50.
- Canosa, G.; P. Alfieri & C. Giudice. (2011). Nano lithium silicates as flame-retardant impregnants for *Pinus radiata*. *Journal of Fire Sciences*. 29(5) pp. 431–441.
- Chauchard L. M. (2012). Esquemas silvícolas para plantaciones de Pino ponderosa en el noroeste de la Patagonia, Argentina. *Revista Produccion Forestal*. Argentina. Año N° 2, Revista N° 4, pp. 7-12.
- Coronel, E. O. (1994). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 1 Parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Public. ITM - UNSE. p. 187.
- Coronel E. O. (1995). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. 2 Parte: Fundamentos de las propiedades mecánicas de las maderas. Publicación ITM – UNSE. p. 335.
- Durán, S.; B. Murr, L. Ibarra & J. Lecumberri. (2012). Protección de la madera frente al fuego mediante la combinación de diversos productos. Proyecto final de grado, Ingeniería en Edificación. Escola Politècnica Superior d'edificació de Barcelona. Universidad Politècnica de Catalunya. p. 117.
- Girardin J. L., Broquen P., (1995). El crecimiento del *Pinus ponderosa* Dougl. y del *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Dougl. en diferentes condiciones de sitio. (Neuquén - R. Argentina) *Bosques Chile* 16(2). pp. 57-67.
- Gonda, H. (2001). Manejo de pino ponderosa. Modelo preliminar para plantaciones en sitios de calidad media en la Patagonia andina. CIEFAP. Argentina. p. 4.
- Gonda, H.; Mohr Bell, D.; Sbrancia, R.; Lencinas, J.; Bava, J.; Monte, C.; Montoro, A.; Siebert, A.; García, E.; Menéndez, J.; Lutz, G.; Rocca, A.; Van Houtte, J.; Toth, A.; Tolone, G. & Salimbeni, J. (2009). Inventario del Bosque Implantado en la Provincia de Neuquén. Ecogestión 2009. Primera reunión sobre planificación y legislación forestal. p. 18.
- González, J. (2008). Futuro de la Impregnación del Pino Radiata en Chile Normativa y nuevos Productos. Seminario Impregnación de Pino Radiata en Chile. Santiago, Chile. p. 36.
- IRAM 9532. (1963). Método de determinación de humedad. Instituto de Racionalización de Materiales. p. 14.
- IRAM 9544. (1985). Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. p. 10.
- IRAM 9570. (1971). Método de ensayo de la dureza Janka. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. p. 6.
- IRAM 9600. (1998). Preservación de Maderas-Maderas Preservadas Mediante Procesos con Presión en Autoclave. Instituto Argentino de Normalización de Materiales. p. 23.
- JUNAC (Junta de Acuerdo de Cartagena). (1988). Manual del Grupo Andino para la Preservación de maderas. 1° Ed. Lima, Perú, p. 349.
- Keil, G.D.; M. Otaño; I. Andía; M. Murace & B. Díaz. (2005). Potencialidades de la madera de *Populus L.* sp endurecida con metil metacrilato para la diversificación de usos. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. AFOA. Corrientes, Argentina. Publicación en Actas. Resúmenes impresos: ISSN 0329-1103; Trabajos completos en CD: ISSN 1669-6786.
- Ladrón González A. & C. Maslatón. (2012). Incorporar tecnología y gestión para la evolución del sector madera y muebles. *Revista ASORA*. Año 17. Número 99. pp. 14-22.
- Peraza J.E. (2008). Productos de madera para la arquitectura. *Asociacion de Investigacion Tecnica de las Industrias (AITIM)*. p. 370.
- Pereyra A. & C. Giudice. (2008). Ethyl silicates with different hydrolysis degree like non-flammable impregnating material for wood. *Revista Maderas. Ciencia y Tecnología*. Universidad de Bio Bio. Chile. 10(2). pp. 113-127.
- Pereyra A. & C. Giudice. (2009). Flame-retardant impregnants for woods based on alkaline silicates. *Elsevier. Fire Safety Journal* 44. pp. 497–503.
- Spavento E. & G. D. Keil. (2011). Identificación de productos y mercados potenciales para el sector forestal, en el marco del Proyecto BIRF LN 7520 AR - Manejo Sustentable de Recursos Naturales Componente 2 – Plantaciones Forestales Sustentables. Ministerio de Agricultura de la Nación. Informe Final. p. 259.

**EVALUACION DE LA APTITUD TECNOLOGICA DE LA MADERA DE *Ateleia glazeoviana* Baillon (FABACEAE)**

**EVALUATION OF THE APTITUDE TECHNOLOGY WOOD OF *Ateleia glazeoviana* Baillon (FABACEAE)**

**Bohren Alicia V.<sup>1</sup> ; Zaderenko C.<sup>2</sup>; Aguilera M. A.<sup>3</sup>; Grance L.<sup>4</sup>; Martínez S.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Magister en Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel, docente de la Facultad de Cs. Forestales de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Eldorado, Misiones, Argentina. [alicia@facfor.unam.edu.ar](mailto:alicia@facfor.unam.edu.ar)

<sup>2</sup> Magister en Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel, docente de la Facultad de Cs. Forestales. UNAM.

<sup>3</sup> Estudiante de Ingeniería Forestal, UNaM.

<sup>4</sup> Ingeniero Forestal, Docente, Facultad de Cs. Forestales, UNAM.

<sup>5</sup> Prof. Ciencias Básicas, Facultad de Cs. Forestales, UNaM

**Resumen**

Este trabajo estudia las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Ateleia glazeoviana*, árbol nativo de Misiones (Argentina), con la finalidad de establecer sus aptitudes maderables. Se recolectaron muestras de madera de cinco árboles adultos en el área central de la Provincia de Misiones, focalizada en el Departamento Libertador General San Martín. Las propiedades físicas y mecánicas se determinaron según las normas IRAM, ASTM y DIN. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Tecnología de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales. Las propiedades físicas y mecánicas se sintetizan como madera semipesada, semidura y con una excelente estabilidad. Se concluye que la madera es apta para la industria del mueble, carpintería, laminado y de la construcción, restringida a interiores.

**Palabras clave:** *Ateleia glazeoviana*, Misiones, propiedades físicas y mecánicas de la Madera.

**Summary**

This study explores the organoleptic and anatomical characteristics, physical and mechanical properties and defects of *Ateleia glazeoviana* wood, a native tree of Misiones (Argentina), with the aim of establishing the qualities and skills of this timber. Wood samples were collected from five adult trees. The physical and mechanical properties of the wood and identification of defects were determined according to IRAM, ASTM and DIN norms. The mechanical tests were performed in Laboratories of the Faculty of Forestry Sciences. Wood is moderately heavy, and moderately hard, with an excellent stability. It was concluded that this wood is useful for the production of furniture, veneer, restricted to interiors.

**Key words:** *Ateleia glazeoviana*, Misiones, Physical and mechanical wood properties.

## Introducción

Misiones posee una vasta riqueza forestal que incluye más de 200 especies arbóreas, pero solamente se tiene algún conocimiento sobre las características y propiedades de la madera de un 30% de estas especies. Estas son las presentados en Maderas y Bosques de la Argentina (Tortorelli, 1956), donde se describen las características anatómicas y algunas propiedades de la madera de las especies forestales autóctonas más importantes, de las diferentes regiones fitogeográficas del país. Asimismo, en Tinto (1978) se indica una serie de propiedades físicas y mecánicas referidas a las principales especies, en las que se incluyen también algunas especies cultivadas. En ambos casos se presentan valores medios, sin indicadores estadísticos como: desviación estándar, coeficiente de variación, ni referencias del origen y número de probetas ensayado. Estudios sistematizados de las propiedades, para algunas especies maderables autóctonas y cultivadas de la Provincia de Misiones, se presentan en los trabajos de González & Suirezs (1996) y Gonzalez *et al.* (1992, 1993, 2003). Sobre las propiedades físico-mecánicas de la madera aquí estudiada no se registran antecedentes.

El “timbó de campo”, “timbó blanco” o “timbó raposa” (*Ateleia glazeoviana* Bailon), es un árbol perteneciente a la familia Leguminosa que se distribuye en Brasil, Paraguay y nordeste de Argentina (Zuloaga & Morrone, 1996). En nuestro país se lo encuentra la región fitogeográfica denominada Provincia Paranaense, de Misiones (Cabrera, 1994).

En la Selva Paranaense el “timbó de campo” es un árbol pionero y colonizador, de rápido crecimiento y de temperamento heliófito, frecuente en los bosques secundarios, en los claros y bordes de camino, que se reproduce también por rebrote de raíces, (Lorenzi, 1998).

Presenta porte medio, fuste recto, cilíndrico y base reforzada, alcanzando alturas y diámetros comprendidos entre 8 y 20 metros con 30 cm a 60 cm d.a.p. (diámetro a la altura de pecho) respectivamente; de follaje caduco; hojas compuestas, alternas y estipuladas. Hojas de 20-40 cm de longitud, con 20-28 folíolos alternos, membranáceos, lanceolados, pinatinervios de 2-7 cm de long. Flores pequeñas, en racimos densos. Fruto samaróide, uniseminado, reticulado de 2 x 1,2 cm aproximadamente con estípites fino de 0,7-1cm de long., semilla arriñonada. (Burkart, 1952).

Esta planta presenta propiedades tóxicas constituyendo un “veneno para el ganado” (Gava & Barros, 2001) y fitotóxicas (Maroma *et al.*, 2003).

La madera se utiliza para construcciones internas, como revestimientos, paredes, cajonería y leña. El árbol puede ser utilizado para arborización urbana y recuperación de áreas degradadas, debido a su rusticidad y rápido crecimiento.

El estudio de las características propiedades físico-mecánicas de la madera de *Ateleia glazeoviana* constituyen los objetivos del presente trabajo.

## Materiales y Métodos

### Características del área de estudio

Para el presente estudio se seleccionó el área central de la Provincia de Misiones, focalizada en un bosque de la propiedad de la Compañía Forestal Puerto Rico S. R. L., ubicada en el Departamento Libertador General San Martín, Colonia Garuhapé (zona central de la Provincia de Misiones), región que conserva bosques nativos representativos de la situación general de la Provincia. El predio estudiado comprende los lotes 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 y 69, con una superficie total de 209,19 ha.

La zona posee un clima subtropical húmedo, sin estación seca, con una precipitación media anual de 1.860 mm y una temperatura media anual de 21 °C (-4 °C a 39 °C); (INTA, 1990).

El 80% de la superficie del predio tiene un relieve suavemente ondulado, con pendientes moderadas. El 20% restante presenta un relieve muy ondulado con pendientes fuertes.

El 90% de la superficie está incluida dentro de la Unidad Cartográfica "6 a" (del relevamiento de suelos efectuado por C.A.R.T.A. (1964), el 10% restante pertenece a la Unidad Cartográfica "6 b" del mismo relevamiento.

### **Selección de los árboles y preparación del material leñoso**

Se procedió a seleccionar al azar 5 de los 8 lotes que componen el predio, y de cada lote seleccionado, también al azar, un árbol entre aquellos ejemplares cuyo d. a. p. (diámetro a la altura de pecho) fuera igual o superior a 30 cm, de fuste recto y se encontrara libre de defectos como rajaduras, ataques de hongos o insectos visibles a simple vista. Una vez talados los árboles seleccionados, estos fueron numerados y registrados, procediéndose a marcar el norte en los troncos y trozas de 1,20 m de longitud, denominadas A, B y C, a partir de la base, seleccionándose al azar una troza por ejemplar de árbol. De cada ejemplar se coleccionaron las muestras de herbario para su identificación, las que se hallan depositadas en la Cátedra de Dendrología de la Facultad de Ciencias Forestales, de la UNaM, en Eldorado, Misiones.

Las trozas se aserraron en el Centro Tecnológico de la de Madera de Montecarlo, y de cada una se obtuvieron 4 listones de 60 mm de lado, que fueron estacionados bajo techo dentro de un galpón del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales, para su secado natural. Una vez secos, estos fueron nuevamente trasladados al Centro Tecnológico de la Madera para ser cepilladas hasta obtener listones de 50 mm de lado, sobre los cuales se dibujaron y luego recortaron las probetas para los ensayos físico-mecánicos (Norma IRAM 9523). De cada árbol se obtuvieron dos muestras al azar, por lo que de 5 árboles resultaron 10 probetas para cada una de las propiedades físico-mecánicas a ensayar en el Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales.

### **Propiedades Físicas**

El contenido de humedad, la densidad aparente y la contracción de la madera se determinaron conforme a las normas IRAM N° 9532, 9544 y 9543 respectivamente. Para ello se utilizó un volumenómetro de Breuil, marca CIFIC, Industria Argentina, que opera desplazando mercurio por medio de un tornillo micrométrico permitiendo lecturas con precisión de 5 mm<sup>3</sup>; una balanza eléctrica Metler, con rango de pesaje hasta 110 g, y precisión de 0,1 mg; Estufa de secado con termostato para regular una temperatura de 103 °C ± 1 °C; un calibre Vernier con precisión de 0,02 mm; desecadores y cubetas.

De acuerdo a los valores obtenidos de las propiedades físicas, la madera se clasificó, entre otros criterios, según García & García (1949) y también de acuerdo a los parámetros propuestos por Sallenave (1955), traducido y presentado en Pérez (1983), para la aplicación de los criterios de este último los valores se correlacionaron con la densidad aparente normal (Contenido de Humedad, CH 12%).

## Propiedades mecánicas

La flexión estática; la compresión paralela a las fibras, se determinó conforme lo indicado por la Norma DIN N° 52186 (Deutsche Industrie Norm); en tanto que la dureza Janka, el corte o cizallamiento paralelo a las fibras, la tracción perpendicular a las fibras y el clivaje o rajadura según la norma ASTM D 143-52. Para estos ensayos mecánicos se utilizó una Máquina Universal de ensayos, marca CIFIC, de Industria Argentina de 10 tn de capacidad, con cuatro escalas de operación, de 1, 2, 5 y 10 tn, conectada a un gabinete de trabajo y control de la misma fabricación, que permite apreciar cargas mínimas de 2,5 kg, con cilindro inscriptora de curvas de flexión y compresión. Cuenta además con los accesorios correspondientes para los ensayos de flexión estática, dureza Janka, compresión paralela y perpendicular a las fibras, tracción paralela y perpendicular a las fibras, corte o cizallamiento, hendidura o clivaje y arrancamiento de clavos y tornillos.

Los valores de las propiedades mecánicas en estudio fueron correlacionados con la densidad aparente normal (CH 12%) y se clasificó la madera de acuerdo con los parámetros propuestos por Sallenave (1971), traducido y presentado en Pérez (1983).

## Análisis estadístico de las propiedades físicas y mecánicas

Los resultados de cada una de las propiedades se procesaron en planillas de cálculo obteniéndose la media, el desvío estándar y el coeficiente de variación.

## Resultado y Discusión

### Propiedades físicas y mecánicas de la madera

Los valores obtenidos de los ensayos de las propiedades físicas se presentan en la Tabla 1 y de las mecánicas en la **Tabla 2**.

El valor de la densidad aparente normal [12%] del “timbó de campo” es de 0,69 g/cm<sup>3</sup>, ver **Tabla 1**, y de acuerdo a la clasificación propuesta por García & García (1949) y Sallenave (1971) se encuentra en el rango de madera semipesada.

**Tabla 1: Propiedades Físicas**

**Table 1: Physical properties**

Ensayo		Media	DS	CV[%]
Densidad Aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	Anhidra	0,66	0,02	4,4
	Normal [CH: 12 %]	0,69	0,01	3,8
	Saturada	1,01	0,01	0,6
	Básica	0,60	0,02	4,7
Contracción [%]	Contracciones totales			
	Axial	1,05	0,2	15,2
	Radial	6,54	0,4	6,7
	Tangencial	9,50	0,5	4,8
	Contracción volumétrica	17,88		
	Coeficiente de contracción			
	Axial	0,03	0,007	21,1
	Radial	0,20	0,0	10,5
	Tangencial	0,28	0,3	9,0
	Anisotropía de la contracción	1,45		
PSF	33,7	2,8	8,3	

DS: Desvío standart; PSF: Punto de saturación de Fibras; CV: Coeficiente de variación.

La contracción volumétrica total es de 17,88 %; el coeficiente de contracción volumétrica de 0,51 % y la higroscopicidad de 0,00033; que en la clasificación de Sallenave (1971) se encuadran en la clase de maderas de gran contracción, medianamente nerviosas y de higroscopicidad normal respectivamente. La higroscopicidad se calcula como el producto de la densidad aparente normal por la diferencia entre 1 y el coeficiente de contracción volumétrica dividido 100. La anisotropía es de 1,45, por lo que la madera de “timbo de campo” de acuerdo a la clasificación de Coronel (1994), presenta excelente estabilidad (menor a 1,5).

En la **Tabla 2**, el módulo de ruptura en la flexión estática es de 763 kg/cm<sup>2</sup>, con una cota de flexión de 11,05 (relación entre el módulo de ruptura/100\*densidad aparente normal), madera de calidad mediana para carpintería; y la cota de tenacidad es de 2,31 (cociente entre el módulo de rotura a la flexión estática y el de resistencia a la compresión), madera medianamente tenaz; conforme a la clasificación de Sallenave (1971).

**Tabla 2: Propiedades Mecánicas**  
**Table 2: Mechanical properties**

Ensayo		Media	DS	CV
Flexión estática [kg/cm <sup>2</sup> ]	Módulo de Elasticidad	57.196	8.714	15
	Módulo de Rotura	763	155	20
Compresión paralela a las fibras [kg/cm <sup>2</sup> ]	Módulo de Elasticidad	57.293	11.207	19,5
	Módulo de Rotura	329	29,3	8,9
Dureza Janka [kg/cm <sup>2</sup> ]	Transversal	547	42,6	7,8
	Radial	504	29,3	5,8
	Tangencial	518	17,7	3,4
Corte o cizallamiento paralelo a las fibras [kg/cm <sup>2</sup> ]	Radial	182	16,2	8,9
	Tangencial	234	33,2	14,2
Tracción perpendicular a las fibras [kg/cm <sup>2</sup> ]	Radial	53	5,6	10,7
	Tangencial	42	1,6	3,9

DS: Desvío standart; CV: Coeficiente de variación.

La compresión paralela a las fibras de 329 kg/cm<sup>2</sup>, es mediana; con una cota de calidad estática de 4,76, semipesada, obtenida como el cociente entre la carga de ruptura y 100 veces la densidad aparente normal, Sallenave (1971).

La dureza Janka normal a la fibra es de 511 kg/cm<sup>2</sup>, obtenida como valor medio de las durezas tangencial y radial, ver **Tabla 2**, la ubica como madera semidura tanto en la clasificación de Garcia & Garcia (1949), como en la de Sallenave (1971). Considerando la cota de dureza de 1073 (cociente entre dureza Janka normal a las fibras y el cuadrado de la densidad aparente normal), Sallenave (1971) la clasifica como normal, para madera industrial.

La resistencia al corte o cizallamiento paralelo a las fibras, radial y tangencial, presenta valores altos, de 182 y 234 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente (ver **Tabla 2**); aptos para ensambladuras, juntas y encajes empleadas en carpintería.

La tracción perpendicular a las fibras de la madera de “timbo de campo” alcanza valores medios, de 53 y 42 kg/cm<sup>2</sup>, en los planos radial y tangencial respectivamente (ver **Tabla 2**); aptos para la elaboración de piezas especiales como arcos y vigas curvas.

La resistencia al clavaje o rajadura presenta un valor medio (radial y tangencial) de 75 kg/cm<sup>2</sup>, que se clasifica como mediana, mientras que su cota de laminabilidad es de 1,08 (cociente entre la resistencia al clavaje y 100 veces la densidad aparente normal), Sallenave (1971) la clasifica como medianamente laminable y madera para uso corriente.



## Conclusiones

Se concluye que la madera de “timbó de campo” presenta propiedades físicas y mecánicas adecuadas para la industria de mueblería, carpintería, laminado y para uso estructural en la construcción.

## Bibliografía

- ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). 1972. *Standard method of testing small clear specimen of timber. ASTM – D 143-52. USA.*
- BURKART, A. 1952. *Las Leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas.* Editorial ACME S. R. L. Buenos Aires. 569 p.
- C.A.R.T.A. (COMPAÑÍA ARGENTINA DE RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y AEROFOTOGRAFÍAS). 1964. *Informe Edafológico de la Provincia de Misiones. Posadas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Ministerio de Asuntos Agrarios de Misiones. Misiones. 106 p.*
- CABRERA, A. L. 1994. *Regiones Fitogeográficas Argentinas.* Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fascículo 1. Editorial ACME S. A. C. I. Primera reimpresión. Buenos Aires. 85 p.
- CORONEL, E. O. 1994. *Fundamentos de las Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas. Primera parte. Fundamentos de las Propiedades Físicas de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina. 187 p.*
- DIN (DEUTSCH INDUSTRIE NORM). 1973. *PRÜFUNG VON HOLZ; BIEGEVERSUCH. DIN N° 52186. ALEMANIA.*
- GARCÍA, R. R. & J. J. M. GARCÍA. 1949. “Glosario de términos relacionados con las propiedades físicas y mecánicas de la madera”. *Lilloa. Revista Botánica. Universidad Nacional de Tucumán. Tomo XVIII:111-132.*
- GAVA, A. & C. S. L. BARROS. 2001. “Field observations of *Ateleia glazioviana* poisoning in cattle in Southern Brazil”. *Vet. Human Toxicol.* 43:37-41.
- GONZALEZ, R. A. & T. SUIREZS. 1996. Contribución al conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pino patula* reforestado en la provincia de Misiones, Argentina. *Revista Yvyreata* 7:21-23.
- GONZALEZ, R. A.; PEREYRA, O. & T. SUIREZS. 1992. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus elliotii* reforestado en la provincia de Misiones, Argentina. *Revista Yvyreata* 3:5-19.
- GONZALEZ, R. A.; PEREYRA, O. & T. SUIREZS. 1993. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* reforestado en la provincia de Misiones, Argentina. *Revista Yvyreata* 4:4-8.
- GONZALEZ, R. A.; PEREYRA, O.; SUIREZS, T. & E. ESKIVISKI. 2003. Estudio de las propiedades tecnológicas de las maderas de cinco especies forestales de interés industrial de Misiones, Argentina. *Revista Yvyreata* 11:35-41.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. 1963. *Método de determinación de humedad. Norma IRAM N° 9532. Buenos Aires. Argentina. 16 p.*
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. 1966. *Maderas. Método de determinación de las contracciones totales, axial, radial y tangencial y el punto de saturación de las fibras. Norma IRAM N° 9543. Buenos Aires. Argentina. 6 p.*
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. 1973. *Determinación de densidad. Norma IRAM N° 9544. Buenos Aires. Argentina. 10p.*
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. 1977. *Maderas. Selección y colección de muestras. Norma IRAM N° 9523. Buenos Aires. Argentina. 10 p.*
- INTA (Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria). 1990. *Atlas de Suelos de la República Argentina. Castelar. Buenos Aires. Tomo I y II. 677 p.*
- LORENZI, H. 1998. *Árvores Brasileiras. Manual de identificação Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil. Vol 1, 2da. Edición. Instituto Plantarum de Estudos Da Flora Ltda. Brasil. 368 p.*
- MARONA, H. R. N.; SCHENKEL, E. P. y J. I. BERGONCI. 2003. “Phytotoxic Activity of *Ateleia glazioviana* Baill. extracts on Lettuce Seeds”. *Acta Farm. Bonaerense* 22 (1):17-20.
- PÉREZ V. 1983. *Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas.* Santiago, Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI 76/003. Documento de Trabajo N° 47. 451 p
- SALLENAVE, P. 1971. *Propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux. Deuxieme Supplement. Centre Tech. For. Trop.* 123 p.
- TINTO, J. 1978. *Aporte del Sector Forestal a la Construcción de Viviendas. Instituto Forestal Nacional. Folleto Técnico Forestal N° 44. Buenos Aires.*
- TORTORELLI, L. 1956. *Maderas y Bosques Argentinos.* Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires. 910 p.
- ZULOAGA, F. & O. MORRONE. 1996. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. I. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 60.

**REGISTRO DEL INGRESO DE MADERA DE PINO EN ARGENTINA A PARTIR DE CONSTRUCCIONES HISTORICAS**

**RECORDS OF IMPORTED PINEWOOD IN ARGENTINA FROM HISTORICAL BUILDINGS**

**Giménez, A.M.<sup>1</sup>; Moglia, J.G., Díaz Zírpolo, J.; Gonzales, D.**

1- Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, Avda. Belgrano 1912 (s) 4200. Santiago del Estero. [amig@unse.edu.ar](mailto:amig@unse.edu.ar);

**Resumen**

Es objetivo del trabajo analizar a partir de construcciones históricas, en qué periodo fue introducida la madera de pino en Argentina. El trabajo se basa en caracterizar y determinar piezas de madera de construcciones históricas. Se estudiaron muestras pertenecientes a: Museo Los Pioneros (1889), Río Gallegos, Santa Cruz; Iglesia del Rosario (1894), Salsipuedes, Córdoba y Torre Céspedes (1896), Jesús María, Córdoba. Fueron analizadas diez muestras correspondientes a las estructuras del techo. Se siguió la terminología de IAWA y las claves de: Jacquot; Clemen, Greguss y García Esteba *et al.* Se usó madera de pino de diferentes especies en los tres edificios históricos. Las construcciones datan de fines del siglo XIX y certifican la importación de madera de gimnospermas, a partir de mediados de dicho siglo. Con estos estudios, se puede inferir los cambios en el empleo de madera en el país y la apertura a los mercados europeos y americanos.

**Palabras clave:** madera\* histórica\*determinación\*pino

**Summary**

Objective of this work is analyzed from historical buildings, over what period were introduced pine woods in Argentina. The work is based on characterizing and determining wooden pieces of historical constructions. Were analyzed woods belonging to: The Pioneers Museum (1889), Rio Gallegos, Santa Cruz, Church of the Rosary (1894), Salsipuedes, Córdoba and Céspedes Tower (1896), Jesus Maria, Córdoba. Ten samples were analyzed corresponding wooden roof structures. Terminology of IAWA for characterization of wood was followed. The timber identification keys were used: Jacquot; Clement, Greguss and Garcia Esteban *et al.* Pinus wood of different species was used in the three buildings. The buildings date from the late nineteenth century and certified the import of wood gymnosperms, from the middle of this century. From these studies, we can infer changes in the use of wood in the country and opening up to European and American markets.

**Keywords:** wood \* historic \* determination \*pinus

## Introducción

La madera es un material biológico heterogéneo, anisotrópico, higroscópico, presente abundantemente en la naturaleza (Gimenez y Moglia, 1999). Considerando todos los factores de su ciclo de vida, el comportamiento medioambiental, es superior a otros materiales empleados en la construcción. Requiere de menor gasto energético en su producción, es natural, biodegradable, reciclable, buen aislante no tóxico, además de fijar CO<sub>2</sub> durante su crecimiento (Romero, 2014). Ha sido el recurso de mayor empleo como material, desde la prehistoria hasta principios de la era industrial. En Argentina la madera se ha usado ancestralmente, en primera instancia en la época precolombina y colonial, las maderas nativas. Posteriormente, a partir de 1850, se comenzaron a importar maderas especialmente de Gimnospermas para construcción y uso estructural (Evans *et al.*, 2008).

Las maderas de coníferas de alta calidad codiciadas y distribuidas por el mundo para diferentes usos, son principalmente las especies de crecimiento más lento de las zonas frías, como los abetos, piceas y cedros, (géneros *Abies*, *Picea*, *Juniperus* y *Tsuga*), el “spruce” (*Picea*) y al “hemlock” (*Tsuga heterophylla*) y al pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) de Estados Unidos y Canadá, a los alerces europeos (*Larix spp*) y a los denominados abetos y pinos (*Picea abies*, *Pinus monticola*, *P. nigra*, *P. taeda*, *P. ponderosa*, etc), característicos de Escandinavia, Europa central, Canadá y la costa norte del pacífico de Estados Unidos. Sus usos más destacados son para pastas celulósicas de alta calidad (tienen fibras muy largas), madera de uso estructural para construcción, aberturas, carpintería y muebles.

Un material que irrumpe en el mercado argentino, es el “pino oregón”, también conocido como “pinotea”. Desde el siglo XIX se detectó la llegada de importantes cantidades de barcos con el objetivo de recoger carne y otros productos agropecuarios. Estos barcos llegaban a nuestro país lastrados con madera de “pino oregón”. Esta madera era de excelente calidad, su abundancia hizo que se convirtiera en un material muy importante para la construcción de viviendas, integrándose a la construcción tradicional. La “pinotea” es un tipo de pino muy resinoso, generalmente se importaba de Estados Unidos y en la época en que la madera era abundante y de muy buena calidad. El término pinotea hace referencias a diferentes especies: de los géneros *Pseudotsuga* y *Pinus*. La “pinotea” resume una serie de características: maderas de anillos de crecimiento muy delgados, alta proporción de leño tardío, abundantes canales de resina, lo que configura un material sólido, durable, de mayor densidad básica que los pinos de rápido crecimiento (García Esteba *et al.*, 1996). Entre las tradiciones ancestrales, la utilización de la madera como material, se ha basado en el conocimiento de sus comportamientos, para alcanzar excelentes resultados, a veces han podido sobrevivir en buenas condiciones durante miles de años a pesar de su fragilidad. La práctica ha permitido a los hombres saber que para el mejor partido de la madera, hay que ser cuidadoso en su corte, en sus condiciones de almacenamiento y secado, también con los diferentes tratamientos a los que se la puede someter para mejorarla (Johnson, 1989). En las épocas modernas y contemporáneas, la madera sigue siendo la materia prima esencial en los campos de la producción, de la construcción de edificios, de mobiliario y decoraciones.

Parte de la historia de los pueblos latinoamericanos, puede ser interpretada a través de los usos de la madera. Los estudios de identificación de maderas de objeto y obras patrimoniales han aportado datos muy importantes para estudios arqueológicos, históricos y etnobotánicos (Carreras y Deschamps, 1995; Bauch y Eckstein, 1981; Giménez *et al.*, 2012).

Por ende, la identificación de maderas de objetos de significancia histórica deben ser lo suficientemente grandes para poder realizar los cortes a los distintos planos y lo suficientemente pequeños para no dañar el objeto de trabajo.

Es objetivo del trabajo a través de la caracterización e identificación de piezas de madera de construcciones históricas de fines del siglo XIX, documentar el ingreso de la importación de maderas de coníferas para usos estructurales en Argentina.

### Material y Método

Desde 2005, el LAM (Laboratorio de Anatomía de Maderas) del INSIMA, Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, trabaja en conjunto con Facultad de Arquitectura UNC en un proyecto de Recuperación del patrimonio Histórico.

En el presente trabajo se tratarán 3 construcciones que datan de fines del siglo XIX.

#### 1- Parroquia Nuestra Señora del Rosario, Salsipuedes, Córdoba (Fig. 1).

En 1801 es la primera mención sobre la existencia del recinto sagrado de Salsipuedes. La actual Capilla data de 1875/1885, en 1894 se rehace el techo y se determina el sistema a dos aguas, tal como hoy se conserva. Se determinan 2 muestras de madera: Muestra 1- Cordón superior; Muestra 2 Cordón inferior.

#### 2- Casa Parissi "Museo de los Pioneros", Municipalidad de Río Gallegos (Fig. 2).

El Museo de Los Pioneros, en Río Gallegos, está tratando de rescatar la historia de la casa, en cuyo origen hay confusión. Los primeros pobladores de la zona fueron de origen británico. La vivienda, hoy museo, llega en 1889. Se carece de registros sobre su origen. La arquitectura responde al tipo de construcción inglesa. Las muestras para su estudio son 2: Muestra 1 - Tabla de piso en planta alta, Muestra 2- tablas del revestimiento exterior.

#### 3- Torre de Céspedes de Jesús María, Pcia. Córdoba (Fig. 3)

La construcción de Gabriel Céspedes, data de fines del siglo XIX. Con rasgos característicos de la arquitectura española, fue edificada como casa de veraneo en 1896. El diseño del castillo corresponde a Pedro Buscá quien esbozó un octógono central y cuatro torres circulares, dividido en dos plantas. En 1995, la ordenanza 1713 declara de Interés Municipal y componente del Patrimonio Arquitectónico Urbanístico de Jesús María esta obra, que agrupa detalles de estilo europeo. En el proceso de restauración a nivel subterráneo se descubrió parte de la antigua acequia abovedada que pasaba por el predio, elemento de realce como construcción histórica.

Se identificaron de 2 muestras de madera: Muestra 1- Piso de la Torre; Muestra 2- Viga principal de la escalera helicoidal de la torre.



Fig. 1- Iglesia de Salsipuedes. Fig. 2 Museo Parisi. Fig. 3- Torre Céspedes

El trabajo de determinación de maderas puestas en obra en edificios históricos, requiere de una extracción cuidadosa de la muestra. Cada material fue analizado macro y microscópicamente para su identificación. Para la caracterización macroscópica se empleó lupa estereoscópica x 100, 160 aumentos; para la microscópica, microscopio óptico Zeiss con video cámara. Fueron cortadas con micrótopo de carro móvil Leitz en plano transversal y longitudinal tangencial y radial. En algunos casos las muestras fueron teñidas con coloración crisoidina-acridina roja (Freund, 1970). En otras situaciones se realizó preparados temporarios. En las descripciones se siguió la terminología del Comité de Nomenclatura de IAWA (Baas *et al.*, 1989). Se utilizaron las Claves de identificación de madera: Tortorelli (2009), Jacquot (1955), Greguss (1961), García Esteba *et al.* (1996).

## Resultados y Discusión

### 1- Iglesia de Salsipuedes (Fig. 4).

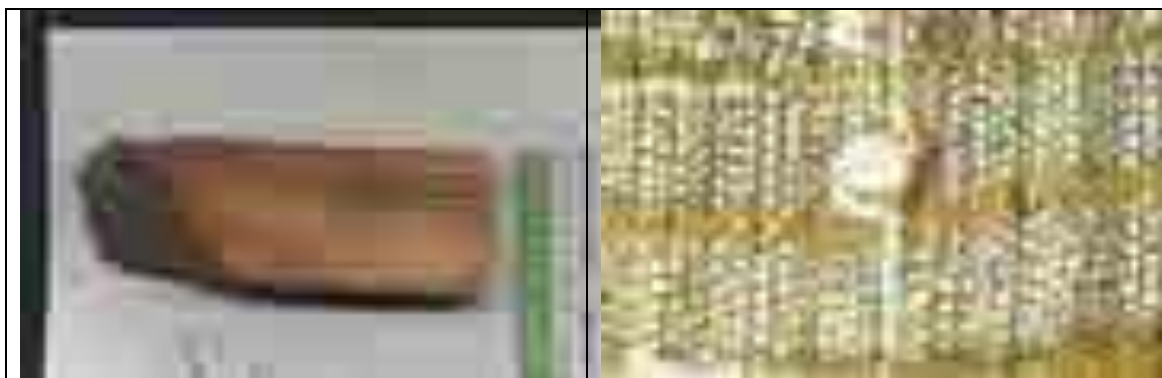
Determinación de las Muestras 1 y 2

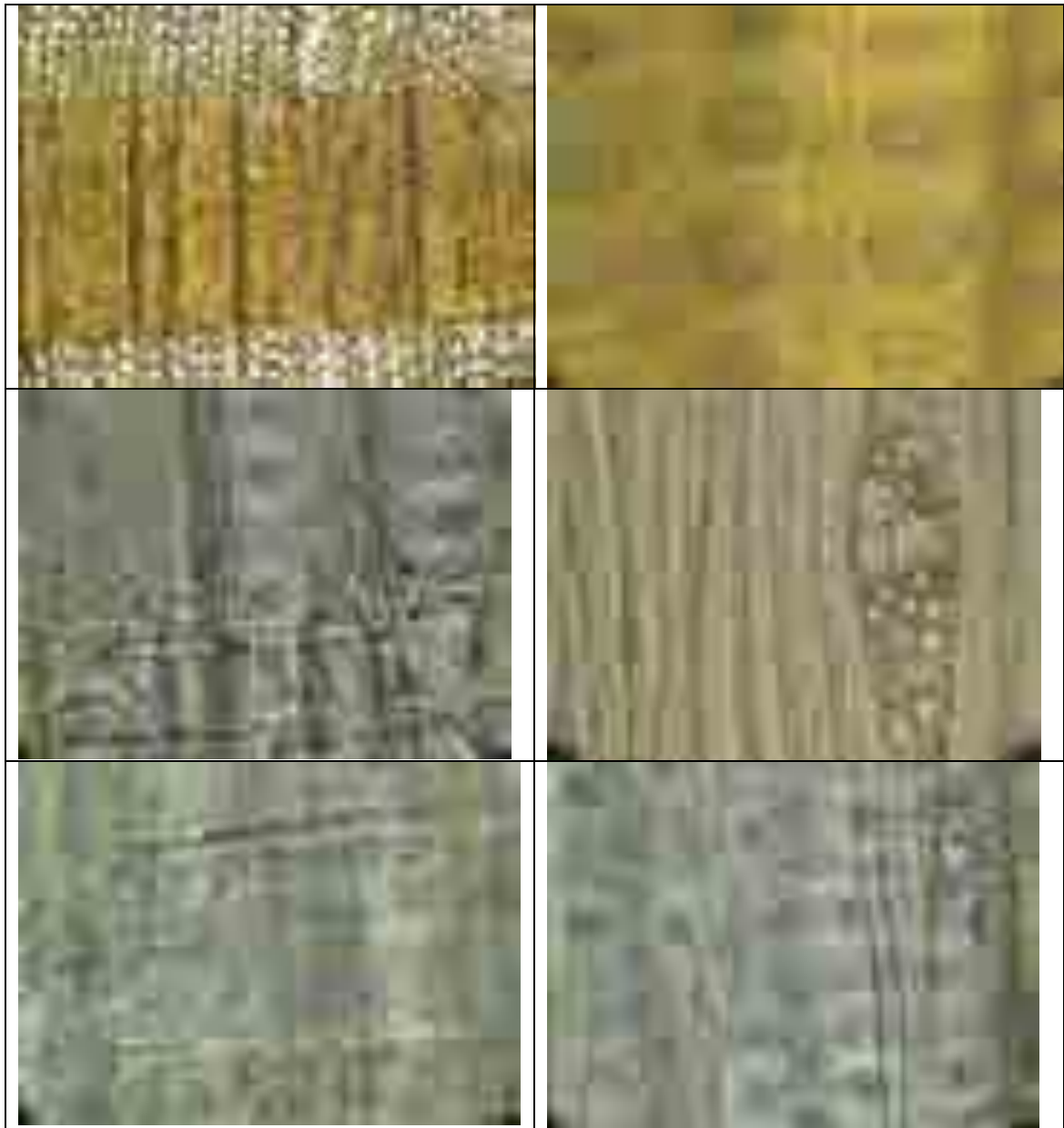
Caracterización anatómica

Análisis macroscópico: madera castaño amarillento, anillos muy demarcados, con neta diferenciación leño temprano/tardío. Espesor medio de anillos: 5 mm. De ancho irregular, con anillos de un leño tardío de más de 20 hileras de células. Madera en muy buen estado por la gran cantidad de sustancias resinosas.

Análisis microscópico: leño traqueidal, anillos de crecimiento muy demarcados, con transición abrupta entre leño temprano y tardío. Traqueidas axiales con puntuaciones uniseriadas, menos biseriadas opuestas en las paredes radiales, se observan crásulas. Canales resiníferos axiales escasos de paredes delgadas, básicamente en el leño tardío.

Radios uniseriados heterogéneos, de altura máxima 10-15 células. Puntuaciones del campo de cruzamiento pinoides (1-3 por célula). Traqueidas radiales marginales (1-2) e internas. Parénquima axial ausente. Canales de resina axiales de paredes delgadas y dimensión media, canales horizontales pequeños en algunos radios. Traqueidas radiales con indentaduras presentes. Anomalías en la proporción de leño temprano a tardío. En algunos anillos corresponde al leño tardío más del 70%. Paredes de las traqueidas muy gruesas. Hay falsos anillos (Fig. 4-11).





*Pinus taeda* - Fig. 4 Muestra. Fig 5 sección transversal anillos bien definido y canal axial de resina. Fig. 6- Leño tardío muy desarrollado Fig. 7. Traqueidas del leño tardío de paredes muy gruesas. Fig. 8. Traqueidas radiales con indentaduras. Fig. 9- Sección tangencial, radios con canal radial de resina. Fig. 10 campo de cruzamiento con puntuaciones pinoideas. Fig. 11- Puntuaciones areoladas.  
*Pinus taeda*. Fig. 4 – Wood. Fig 5- Cross section, well defined rings and axial resin canal. Fig. 6 – Wide late wood. Fig 7. Tracheids of late wood of very thick walls. Fig 8. Dentate radial tracheids. Fig. 9 - Tangential section, resin radial ducts. Fig. 10- Cross field with pinoide pits. Fig. 11 – Bordered pits.

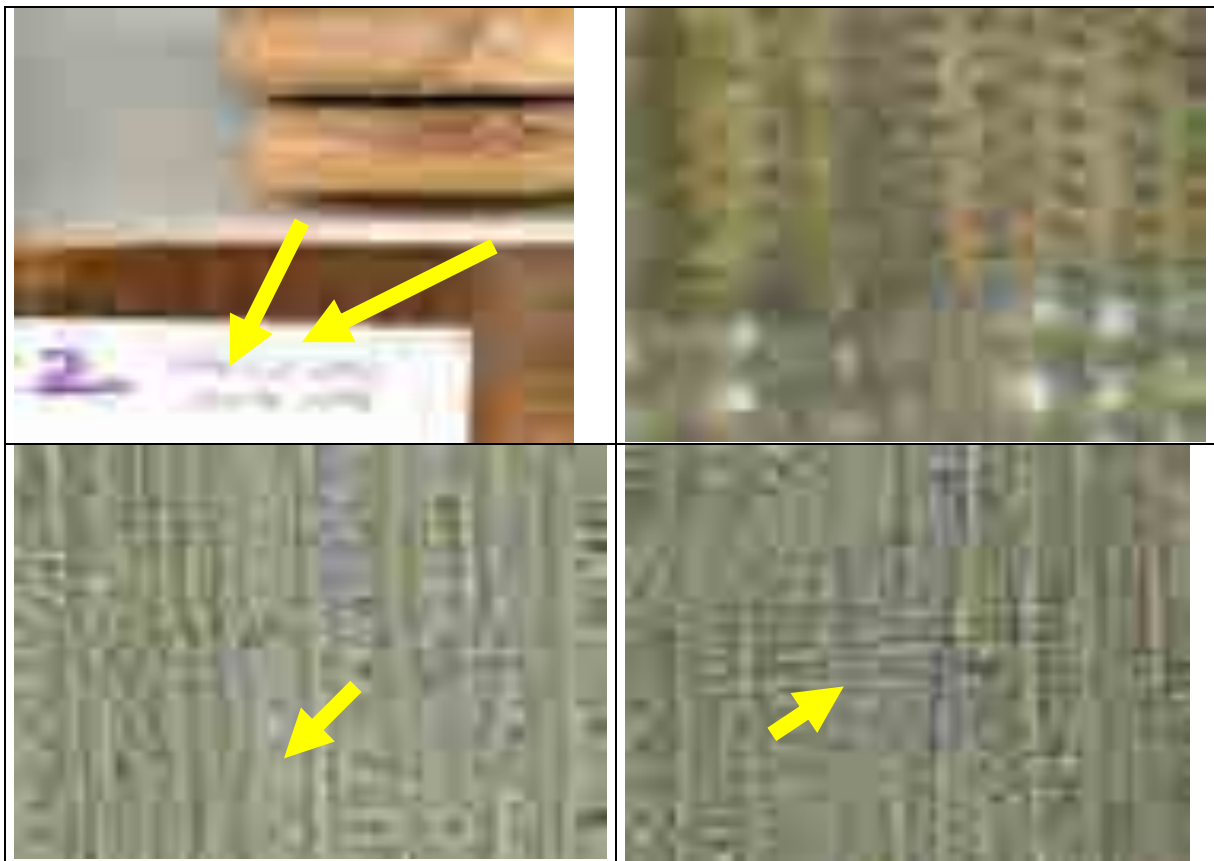
Por las características de la madera se indica que corresponde M1 y M2 a: Gimnosperma, familia Pinaceae, Género *Pinus*, especie: *Pinus taeda*.

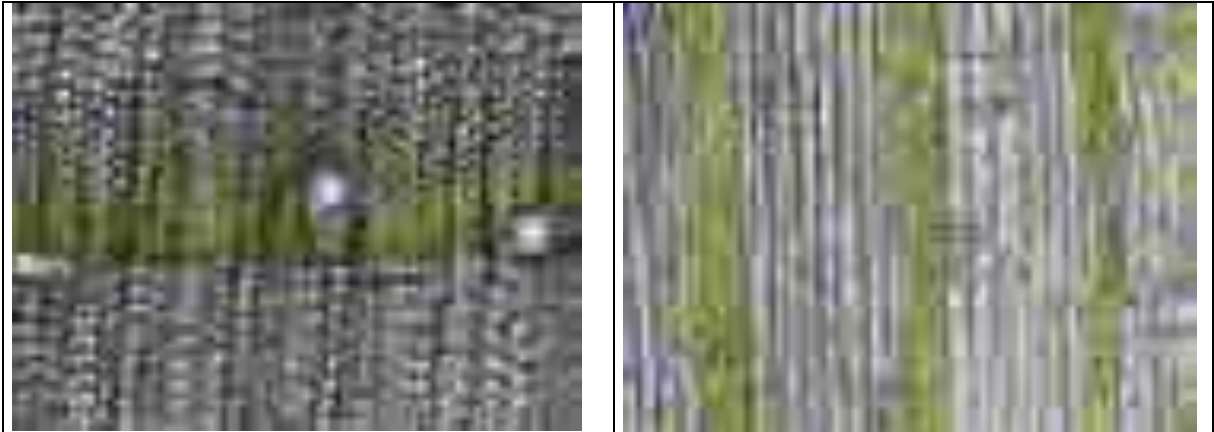
La madera de *Pinus taeda* (conocida vulgarmente como pinotea), proviene de EEUU, del área de dispersión natural donde el crecimiento es muy inferior al que actualmente se obtiene de plantaciones comerciales de Argentina. Por esta razón la madera de origen norteamericano, presenta mayor peso específico y mayores valores de resistencia. Es interesante comprobar que en la época de la construcción de la iglesia se importaba madera americana para las construcciones civiles y religiosas. Posiblemente la causa de ello, es la disponibilidad de madera de largas dimensiones y de excelente resistencia, y bajo peso (Gimnospermas), ideal para estructuras.

2- Museo Parisi.(Fig. 12-17)

M1- Madera en muy buen estado por la gran cantidad de sustancias resinosas. Leño traqueidal, anillos de crecimiento muy demarcados, con transición abrupta entre leño temprano y tardío. Traqueidas axiales con puntuaciones uniseriadas y a veces biseriadas en las paredes radiales, se observan crásulas. Canales resiníferos axiales escasos de paredes delgadas, básicamente en el leño tardío. Radios uniseriados heterogéneos, de altura máxima 10-15 células. Puntuaciones del campo de cruzamiento fenestriformes con 1 -2 por célula. Traqueadas radiales marginales (1-2) e internas. Parénquima axial ausente. Canales de resina axiales de paredes delgadas y dimensión media, canales horizontales pequeños en algunos radios. Traqueadas radiales con indentaduras presentes pero no muy marcadas.

Por las características de la madera se indica que corresponde a: Gimnosperma, familia Pinaceae, Género *Pinus*, Sección *Sylvestris*, especie: *Pinus sylvestris*. Especie de distribución muy amplia, origen europeo y asiático. Madera resinosa de buena calidad que produce más proporción de duramen y albura mas colorada en las variedades de mejor porte y albura mas blanca y gruesa en las de peor porte. La madera es en general de buena calidad, con troncos rectos y poco nudosos, propiedades que han conseguido que sea uno de nuestros pinos más apreciado. Por su calidad y considerando su dureza que es mediana, se ha utilizado en construcción, ebanistería y carpintería. Se ha usado para muebles de calidad y para mástiles de barcos.





*Pinus sylvestris*. Fig. 12- Muestra de madera. Fig. 13- Sección transversal del leño, transición leño temprano/tardío muy marcada. Fig. 14 Sección radial, traqueidas con puntuaciones areoladas con crasulas Fig. 15. Sección radial con puntuaciones en el campo de cruzamiento del tipo fenestri-forme. Fig. 16- Sección transversal, leño con canales de resina axiales. Fig. 17- Sección radial, transición leño temprano/tardío.

*Pinus sylvestris*. Fig 12 – Wood. Fig. 13 - Cross section,, transition wood early / late notorious. Fig.14 Radial section, bordered pits tracheid with crasulae. Fig 15. Radial section, cross field with fenestri-form pits. Fig. 16 - Cross section, resin axial ducts. Fig 17 - Radial section, transition early / late wood.

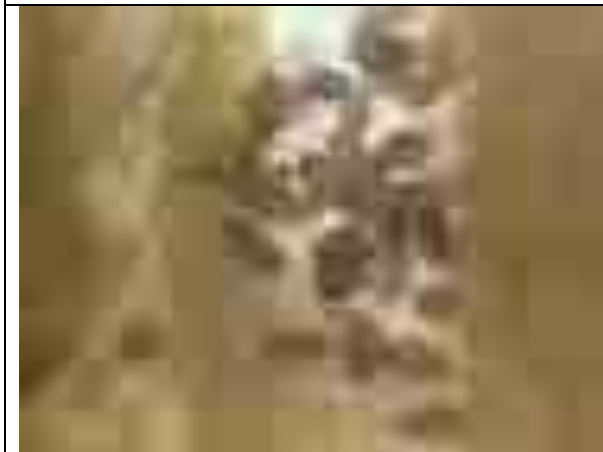
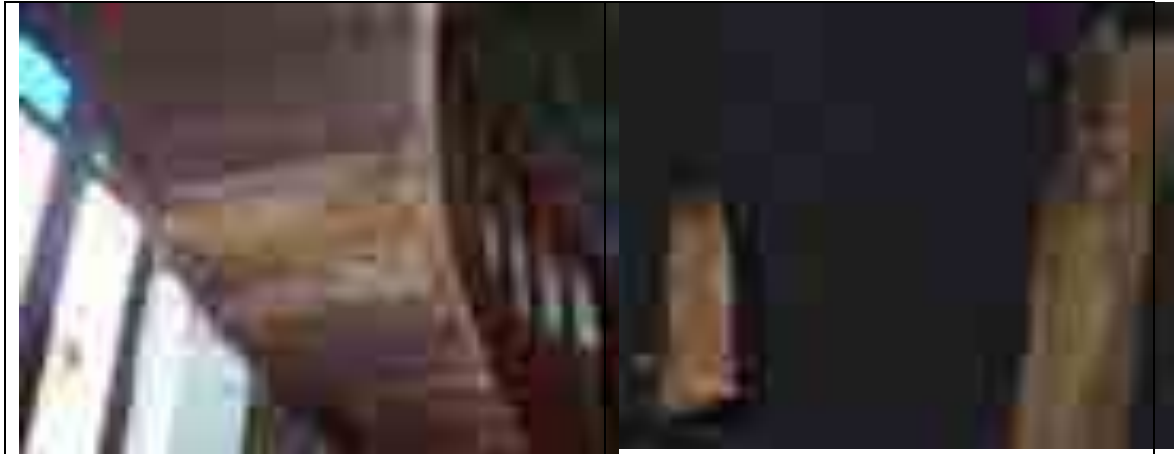
### 3- Torre Céspedes (Fig. 18-27)

M1 y M2-. Madera en mal estado de conservación. Se observan hongos y larvas de insectos. Leño con marcada diferencia entre leño temprano y tardío. Leño traqueidal, anillos de crecimiento muy demarcados, con transición abrupta entre leño temprano y tardío. Traqueidas axiales con puntuaciones uniseriadas, se observan crásulas. Las traqueidas del leño temprano con diámetro medio de 37 u y el diámetro de las puntuaciones es de 25 u. Radios uniseriados heterogéneos, de altura máxima 10-15 células. Puntuaciones del campo de cruzamiento fenestri-formes con 1 -2 por célula. Traqueidas radiales de paredes con indentaduras.

M1- y M2: Gimnosperma, familia Pinaceae, Género *Pinus*, especie: *Pinus taeda*







*Pinus taeda*. Fig. 18- Escalera helicoidal – Fig 19- La estructura de entrepiso y azotea Fig. 20- Vista de la escalera helicoidal desde la Planta Baja. Fig. 21- Muestra de madera. Fig. 22- Sección transversal del leño donde se observa la transición leño temprano/tardío y el mal estado de la madera. Fig. 23- Sección radial, traqueidas con puntuaciones areoladas con crásulas. Fig. 24. Sección radial con traqueidas radiales con indentaduras. Fig. 25 Sección radial con esporas de hongos. Fig. 26- Huevos de insectos en la madera. Fig. 27- Madera degradada por acción de hongos e insectos.

*Pinus taeda*. Fig 18 - Helical staircase. Fig 19 - The structure of mezzanine and roof. Fig. 20 - Spiral staircase from the ground floor. Fig. 21 - Sample timber. Fig. 22 – Wood cross section where transition early / late wood and the poor condition of the wood is observed. Fig. 23 - Radial section, tracheid bordered pit with crasulae. Fig. 24- Radial section, ray tracheids with dentates. Fig. 25- Radial sections with fungal spores. Fig. 26 - Insect eggs in the timber. Fig. 27 - Wood degraded by the action of fungi and insects

### La importación de Madera de *Pinus* en Argentina

Las maderas determinadas en el presente estudio, corresponden a las llamadas “pinotea”. Sus características relevantes son: alto contenido de resina, diferencia muy marcada entre leño temprano y tardío, alta densidad, provienen de especies de crecimiento lento, de árboles de grandes dimensiones.

Posiblemente la razón del uso de estas maderas en estructuras, se resumen en sus características: grandes escuadrías, alta resistencia, durabilidad y densidad básica media.

A través de estudios anatómicos se puede inferir de cuán lejos se transportaba la madera para la construcción (Eckstein, Wrobel, 2006). En las tres construcciones se determinan maderas exóticas pertenecientes al ge *Pinus*. Este cambio en el uso de las maderas nativas, por otras exóticas coincide con la apertura del comercio con EEUU y Europa a partir de 1850, según está documentado para construcciones del Río de la Plata (Evans *et al.*, 2008).

Se concluye:

La madera de gimnospermas fue introducida en Argentina en la segunda mitad del siglo XIX y fue empleada en construcciones de envergadura arquitectónica.

Las técnicas anatómicas son una buena herramienta para la reconstrucción histórica.

A partir de estos estudios y como testigo la madera estructural, se puede inferir los cambios en el empleo de la madera en el país y la apertura a los mercados europeos y americanos con el arribo de la “pinotea”.

## Bibliografía

- Baas, P.; E. Wheeler & P. Gasson. 1989. IAWA List of Microscopy features for Hardwood Identification. IAWA Committee. 322 p.
- Bauch, J., Eckstein, D. 1981. Wood biological investigations on panels of Rembrandt paintings. *Wood Science and Technology* 15: 251–263.
- Carreras, R.; Deschamps, R. 1995. Anatomía de maderas de 157 especies forestales que crecen en Cuba y sus aspectos tecnológicos, históricos y culturales. Vol. 1-2. Teruven. 120 p.
- Evans, S.; Marchesoni, M.; Meyer, C.; Calone, M. 2008. La construcción en madera en Uruguay. Una historia en el tintero. 89 pags.
- Eckstein, D.; Wrobel, S. 2006. Dendrochronological proof of origin of historic timber - retrospect and perspectives. In: Proc. Dendrosymposium 2006, Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology (TRACE), 20.-22.04.2006, Tervuren/ Belgium. K. Haneca, A. Verheyden, H. Beeckman, H. Gärtner, G. Helle, G.H. Schleser (Eds.). Jülich: Forschungszentrums Jülich 2006, S. 8-20 = Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment. Nr. 74.
- García Esteban, L.; Guindeo, A.; Palacios, P. 1996. Maderas de Coníferas: Anatomía de Géneros. Fundación Conde del Valle de Salazar. 349 páginas.
- Giménez, A.M.; Moglia, J.G. 1999. Anatomía de Maderas. Serie Técnica 1. FCF. UNSE. 82 p.
- Giménez, A.M.; Moglia, J.G.; Gómez, J. 2012. Maderas empleadas en las primeras construcciones históricas jesuíticas de Córdoba, Argentina. Cd III Congreso Iberoamericano de protección de la Madera, Ciudad Concepción, Chile.
- Greguss, P. 1961. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akadémiai Kiadó, Budapest, 263 pp.
- Jacquot, C. Atlas D'anatomie des Bois Des coniferes. Paris. Centre Technique du bois. Francia. (1955).
- Johnson, H. 1989. La Madera. Editorial Blume, Barcelona Londres. 276 p.
- Romero, A. 2014. El consumo de madera como un bien ambiental. AEIM Noticias PEFC N°47: pag.3.
- Tortorelli, L. 2009. Maderas y Bosques argentinos. 2ª ed. Tomo I y II. Bs. As. Orientación Gráfica Editora. Vol 1 576 p.

**INFLUENCIA DE LA DIMENSIÓN DE PROBETAS DE MADERA EN LA ESTIMACION DE LA DUREZA JANKA**

**INFLUENCE OF WOOD SAMPLES DIMENSION IN THE DETERMINATION OF JANKA HARDNESS**

**Suirezs Teresa M.<sup>1</sup>; Weber E. M.<sup>1</sup>; Bobadilla E.A.<sup>1</sup>; Bragañolo A.<sup>2</sup>; Acevedo P.<sup>2</sup>; Palacio M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Docentes de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. [suirezs@facfor.unam.edu.ar](mailto:suirezs@facfor.unam.edu.ar); [eweber@facfor.unam.edu.ar](mailto:eweber@facfor.unam.edu.ar); [elisa@facfor.unam.edu.ar](mailto:elisa@facfor.unam.edu.ar).

<sup>2</sup> Alumnos 5<sup>to</sup> año de Ingeniería en Industrias de la Madera

**Resumen**

Con el fin de racionalizar materiales para los ensayos mecánicos de la madera, se estudió y comparó la dureza Janka en las superficies transversal, tangencial y radial en dos tamaños distintos de probeta. Uno estipulado por la Norma ASTM 143/52 e IRAM9570 y otro adaptado en el laboratorio de tecnología de la madera., FCF, UNAM, Eldorado. Para ello se usaron probetas de madera de *Pinus taeda* M. y *Eucalyptus grandis* (comercial). Se seleccionaron las probetas de madera de tal forma que sus pesos específicos aparentes estacionados estuvieran en el mismo rango de la clasificación según García y García. Los resultados demostraron que no existen diferencias significativas en la dureza Janka transversal, tangencial y radial en las dos especies estudiadas entre las probetas con dimensiones normalizadas y las probetas de dimensiones adaptadas. En conclusión se podría optimizar el material para la confección de probetas para el ensayo de dureza Janka.

**Palabras clave:** Dureza Janka transversal, tangencial y Radial, dimensiones de probetas, Normas.

**Summary**

In order to rationalize materials for mechanical testing of wood, Janka hardness in transversal, tangential and radial surfaces of two different sizes of samples were studied and compared. On stipulated by ASTM Norm 143/52 and IRAM 9570 and an other adapted in the laboratory of wood technology in the Faculty of Forestry Sciences, UNAM, in Eldorado. For this purpose, samples of *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* M. were used. Wood samples with their apparent weight stationary in the same range of classification according to Garcia and Garcia, were selected. The results showed that there is no significant difference in the transversal, radial and tangential Janka hardness in the two studied species among samples with standardized dimensions and the samples of adapted dimensions. In conclusion one could optimize the material for the manufacture of samples for the Janka hardness test.

**Key words:** Transversal, tangential and radial Janka hardness, sample dimensions, Norms.

## Introducción

El objetivo de este trabajo fue determinar si existe influencia del tamaño de probetas en la dureza Janka en las caras transversal, tangencial y radial de las maderas de *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis*.

*La dureza no está exactamente considerada como una propiedad mecánica de la madera, debido a los diversos métodos para su determinación. La dureza de la madera es la resistencia que esta ofrece a la penetración de un cuerpo más duro, una madera dura indica dificultad de trabajabilidad, y generalmente son más pesadas. Las maderas duras son apropiadas para pisos, y todas aquellas piezas que requieren retener tornillos y clavos. (Coronel, 1996).*

En base a los valores obtenidos de dureza Janka, realizado con la norma IRAM 9570, R. García y J. García (1949), citado por Coronel, 1996, clasifican a las maderas argentinas en: muy blandas con  $300 \text{ kg/cm}^2$ ; blandas de  $301$  a  $500 \text{ kg/cm}^2$ ; semiduras de  $501$  a  $700 \text{ kg/cm}^2$ ; duras  $701$  a  $1000 \text{ kg/cm}^2$ ; muy duras más de  $1000 \text{ kg/cm}^2$ .

Suirez (2005), estudió la madera de *Pinus taeda* L. y obtuvo los siguientes valores promedios de dureza Janka,  $261,50$ ;  $297,25$  y  $299,45 \text{ kg/cm}^2$  en la superficie radial; tangencial y transversal respectivamente.

Weber (2005), al estudiar las propiedades del *Pinus taeda* Marion de tres edades obtuvo los valores promedios de dureza Janka, en la superficie radial de  $165,50$ ;  $235,16$  y  $263,39 \text{ kg/cm}^2$  para maderas de 6, 9 y 16 años; en la superficie tangencial de  $210,50$ ;  $251,77$  y  $290,57 \text{ kg/cm}^2$  para 6, 9 y 16 años; en la superficie transversal de  $230,00$ ;  $289,74$  y  $355,05 \text{ kg/cm}^2$  para 6, 9 y 16 años respectivamente.

González et al. (1993), estudió las propiedades del *Pinus taeda* de 13 y 14 años de edad y obtuvo valores promedios dureza Janka transversal  $377 \text{ kg/cm}^2$ ; tangencial  $320 \text{ kg/cm}^2$  y radial  $307 \text{ kg/cm}^2$ .

La madera de *Eucalyptus grandis* estudiada por Pérez del Castillo (2001), presentó un valor medio de dureza Janka tangencial de  $381 \text{ kg/cm}^2$ .

Mejías y Cruz (2003), al estudiar la madera del *Eucalyptus grandis* obtuvieron valores promedios de dureza radial, tangencial y transversal de  $294,52$ ;  $321,27$  y  $439,42 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

Böthig (2001), estudio la dureza tangencial de la madera de *Eucalyptus grandis*, obteniendo un valor medio de  $314 \text{ kg/cm}^2$ .

## Materiales y métodos

Se tomaron muestras de madera de *Pinus taeda* Marion y *Eucalyptus grandis* comercial, se elaboraron las probetas correspondientes y se determinó la densidad y contenido de humedad (IRAM 9544 y 9532) de cada una, para asegurarse que las probetas normalizadas y las con dimensiones adaptadas se encuentren en un mismo rango de densidad y contenido de humedad.

Los ensayos de dureza de las probetas de madera normalizadas, se determinaron según especifica la Norma IRAM 9570 que adopta el método de dureza Janka, utilizándose probetas de sección cuadrada de  $50 \text{ mm}$  de lado y  $150 \text{ mm}$  de longitud, orientadas, de tal forma que las caras opuestas tengan dos superficies tangenciales, dos radiales y dos transversales, se realizó un ensayo en cada superficie, obteniéndose medias de dureza expresadas en  $\text{kg/cm}^2$ , para cada una de las superficies. Estas mismas especificaciones se aplicaron a las probetas adaptadas que mantuvieron la sección de  $50 \text{ mm}$  por  $50 \text{ mm}$  y el largo se modificó quedando en  $50 \text{ mm}$ , (**imagen 1**). Los ensayos se realizaron en una máquina electromecánica universal de ensayos modelo 10407030 de procedencia Italiana fabricante DIDACTA, (**imagen 2**), con capacidad de  $300 \text{ kN}$  y sensibilidad de  $300 \text{ N}$ .

La misma cuenta con elementos auxiliares para este ensayo **imagen2**. Los valores de carga aplicada a la madera se tomaron del programa que compone parte del equipo.



**Imagen 1: Probetas de madera donde se aprecia visualmente los tamaños utilizados.**  
**Picture 1: Wood samples where we can see the used sizes.**



**Imagen 2: Maquina universal de ensayos**  
**Picture 2: Universal Testing machine**

En la **tabla 1** se presenta la Norma y las dimensiones de las probetas utilizadas para las determinaciones de la dureza Janka en las tres superficies de las maderas.

**Tabla 1. Norma utilizada y dimensiones de probetas**  
**Table 1: Used Norms and samples dimensions**

Nro Tratamientos	Norma	Dimensiones (cm)
T1	IRAM 9570	5 x 5 x 15
T2	Adaptada	5 x 5 x 5

### Resultados

En la **tabla 2** se muestran los valores promedios obtenidos de dureza Janka en las superficies, transversal, tangencial y radial de la madera *Pinus taeda* Marion para los dos tamaños de probeta.

**Tabla 2: Dureza Janka transversal, tangencial y radial de la madera de *Pinus taeda marion*, valores medios, desvío estandar (D.E.), coeficiente de variación(CV%), mínimos(Min) y máximos (Max), según dimensión.**

**Table 2: Transversal, tangential and radial Janka hardness of *Pinus taeda* Marion wood, mean values, standard deviation (S. D.), variation coefficient (VC %), minimum and maximum, according to dimension**

Tamaño	Dureza	n	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	D.E. (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Mín	Máx
T1	Transversal	13	380,43 A	71,19	18,71	271,02	469,06
T2	Transversal	13	333,79 A	81,82	24,51	245,64	505,09
T1	Radial	13	245,84 A	77,25	31,42	160,74	371,78
T2	Radial	13	209,16 A	86,75	41,47	111,39	404,32
T2	Tangencial	13	256,9 A	73,38	28,56	144,56	421,78
T1	Tangencial	13	283,05 A	76,32	26,96	170,1	466,52

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

En la **tablas 3 y 5** observamos los valores de peso específicos, los cuales no dan diferencias significativas, en ambas especies con los cual comprobamos que las maderas son similares en las dos dimensiones con respecto a su clasificación.

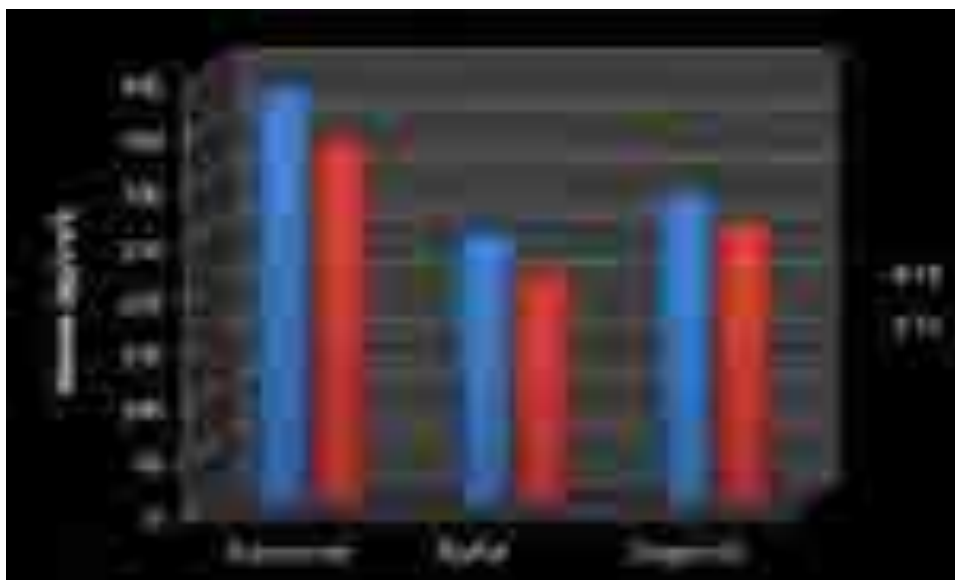
**Tabla 3: Peso específico de la madera de *Pinus taeda* Marion, valores medios, desvío estandar (D.E.), coeficiente de variación(CV%), mínimos(Min) y máximos (Max), según dimensión.**

**Table 3: Specific weight of *Pinus taeda* Marion, mean values, standard deviation (S.D.), variation coefficient (VC %), minimum and maximum, according to dimension.**

Tamaño	n	Media (g/cm <sup>3</sup> )	D.E. (g/cm <sup>3</sup> )	CV (%)	Mín	Máx
T1	13	0,45 A	0,05	10,46	0,4	0,53
T2	13	0,44 A	0,04	8,31	0,4	0,54

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

En el gráfico 1 se puede observar visualmente que en el caso de *Pinus taeda* la dimensión modificada es levemente menor pero no es estadísticamente significativa.



En la **tabla 4** se muestran los valores promedios obtenidos de dureza Janka en las superficies, transversal, tangencial y radial de la madera de *Eucalyptus grandis* para las dos dimensiones de probetas.

**Tabla 4: Dureza Janka transversal, tangencial y radial de la madera de *Eucalyptus grandis*, valores medios, desvío estandar (D.E.), coeficiente de variación(CV%), mínimos(Min) y máximos (Max), según dimensión.**

**Table 4: Transversal, tangencial and radial Jankahardness of *Eucalyptus grandis* wood, mean values, standard deviation (S. D.), variation coefficient (VC %), minimum and maximum, according to dimension.**

Tamaño	Dureza	n	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	D.E. (kg/cm <sup>2</sup> )	CV (%)	Mín	Máx
1	Transversal	13	511,97	A 124,1	24,24	328,31	749,45
2	Transversal	13	493,69	A 101,61	20,58	376,23	686,77
1	Tangencial	13	420,48	A 147,29	35,03	274,67	723,91
2	Tangencial	13	415,1	A 114,27	27,53	291,66	652,81
1	Radial	13	345,27	A 144,95	41,98	128,55	670,59
2	Radial	13	358,08	A 115,83	32,35	226,92	599,18

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

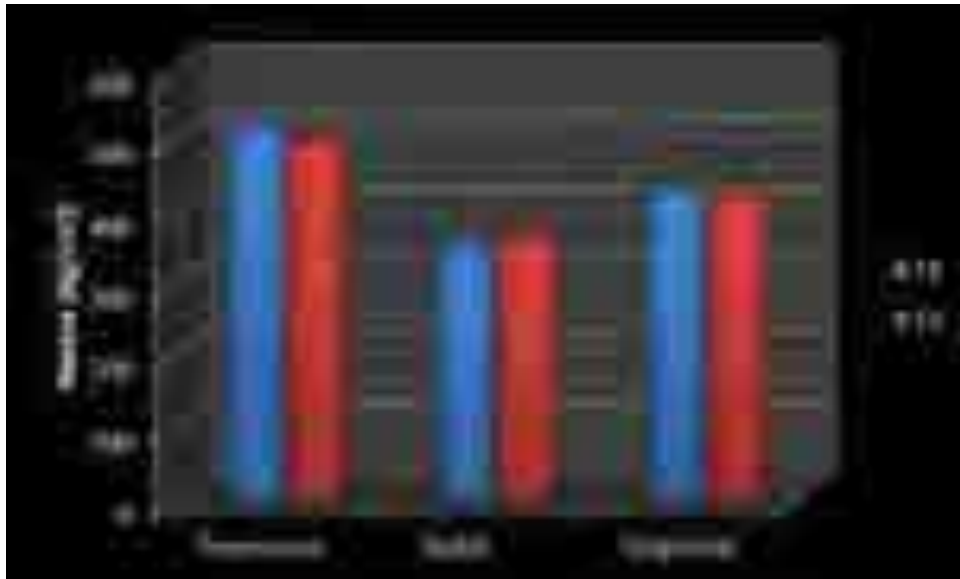


**Tabla 5:** Peso específico de la madera de *Eucalyptus grandis*, valores medios, desvío estandar (D.E.), coeficiente de variación(CV%), mínimos(Min) y máximos (Max), según dimensión.  
**Table5:** Specific weight of *Eucalyptus grandis*, mean values, standard deviation (S.D.), variation coefficient (VC %), minimum (Min) and maximum (Max), according to dimension.

Tamaño	n	Media (g/cm <sup>3</sup> )	D.E. (g/cm <sup>3</sup> )	CV (%)	Mín	Máy
T1	13	0,6	0,09	14,51	0,5	0,78
T2	13	0,6	0,09	14,42	0,5	0,75

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

En el **gráfico 2** se observa que en el caso de *Eucalyptus grandis*, los valores de las dos dimensiones son similares, dando diferencias no significativas.



**Grafico 2:** Comparación de medias de Dureza Janka para *Eucalyptus grandis*  
**Graph 2:** Mean comparison of Jankahardnessfor*Eucalyptusgrandis*

## Conclusiones

Los resultados demostraron que no existe diferencia significativa en la dureza Janka transversal, tangencial y radial en las dos especies estudiadas entre las probetas con dimensiones normalizadas y con las probetas de dimensiones adaptadas.

Con esta información podemos decidir que al momento de preparar las muestras para los ensayos, se puede usar el de menor dimensión en el largo, ahorrándose material, ya que el ensayo es destructivo.

## Bibliografía

- ASTM N° 143/52, (American Society for Testing and Materials)
- Coronel, E. O. (1996). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Segunda parte: Fundamentos de las propiedades mecánicas de la madera. Instituto de tecnología de la madera, Fac. de Cs. Forestales. Santiago del Estero. Argentina.
- IRAM 9544, (1973). Método de la determinación de la densidad aparente. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9532, (1963). Método de determinación de la humedad. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9570, (1973). Método de ensayo de dureza Janka. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- González, R. A.; Pereyra, O.; Suirezs, T.M. 1993. Propiedades Físicas y Mecánicas de la madera de *Pinus taeda* reforestado en la provincia de Misiones, Argentina. Yvyrareta N° 4. Pg. 4-8.
- Suirezs, T. M. 2005. Comportamiento de la madera de *pinus taeda* impregnado con arseniato de cobre cromatado (CCA). Publicado en la Revista FLORESTA Volumen 35 número 1. FUPEF. Universidad Federal do Paraná.
- Weber Elizabet M. 2005. Tesis. Caracterización física y mecánica de *Pinus taeda* Marion en plantaciones de diferentes edades y determinación de usos potenciales. Eldorado. Misiones. UNAM.
- Mejía, M. S.; Cruz, F. T. 2003. Contribución al conocimiento tecnológico de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Eucalyptus urophylla* S. T Blake proveniente de plantaciones forestales comerciales de 7 años de edad de las Choapas, Veracruz, México.  
[www.chapingo.mx/.../Silvestre%20Mejia%20Margarito%20y%20Torres..\(03/12/2013\)](http://www.chapingo.mx/.../Silvestre%20Mejia%20Margarito%20y%20Torres..(03/12/2013)).
- Böthig, S. 2001. Densidad, Dureza y Color de *Eucalyptus grandis* de Uruguay. Informe de Investigación No5. [latu39.latu.org.uy/.../documento\\_ver.php?h...\(03/12/2013\)](http://latu39.latu.org.uy/.../documento_ver.php?h...(03/12/2013)).
- Pérez del Castillo, A. 2001. Propiedades Mecánicas y Calidad de Madera de *Eucalyptus grandis*. del Norte de Uruguay. Informe de Investigación No4. [latu39.latu.org.uy/.../documento\\_ver.php?h... \(03/12/2013\)](http://latu39.latu.org.uy/.../documento_ver.php?h... (03/12/2013)).

**EVALUACION DEL DETERIORO LUEGO DE TRES INSPECCIONES DE TRES ESPECIES DE MADERA A LA INTEMPERIE \***

**EVALUATION OF THE DETERIORATION OF THREE SPECIES OF OUT-DOORS WOODAFTER THREE INSPECTIONS**

**Bobadilla Elisa A.<sup>1</sup>; Weber E. M.<sup>1</sup>; Callaba R. E.<sup>1</sup>; Suirezs T. M.<sup>1</sup>; Barth, R. C<sup>1</sup>; Martínez S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Docentes. Investigadores. Facultad de Ciencias Forestales (U.Na.M.). Bertoni 124 (3380). Eldorado, Misiones, Argentina. [elisa@facfor.unam.edu.ar](mailto:elisa@facfor.unam.edu.ar)

**Resumen**

El objetivo del presente trabajo es evaluar luego de tres inspecciones la durabilidad natural de las especies *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Pinus taeda* L. Marion y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (híbrido) expuestos a campo abierto. Se utilizaron muestras de madera aserrada de las industrias locales, para la preparación de las probetas, se siguieron las especificaciones de la Norma EN 252. El control del estado sanitario de las mismas se realizó con inspecciones cada 6 meses. Concluyendo de estas tres inspecciones que: el *Pinus taeda* L. Marion en contacto con el suelo a la intemperie tiene un grado promedio de ataque severo, con una pérdida del 37% de las probetas. El *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* tiene un grado promedio de ataque severo, con una pérdida del 77% de las probetas. El *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en las mismas condiciones tiene un grado promedio de ataque severo, con una pérdida del 73% de las probetas.

**Palabras clave:** Durabilidad natural, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Pinus taeda* L. Marion, *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, cementerio

**Summary**

The objective of the present work is to evaluate the natural durability of the species *Eucalyptus grandis* Hill ex- Maiden, *Pinu staeda* L. Marion and *Pinus elliottii* x *caribaea* *Pinus* var. *Hondurensis* (hybrid) exposed to open field, after three inspections. Sawnwood samples of the local industries were used; for the preparation of the samples, the specifications of the Norm EN 252 were followed. Their sanitary state control was made with inspection every 6 months. The conclusion of these three inspections was that: the *Pinus taeda* L. Marion in contact with the ground outdoors has a mean degree of severe attack, with a loss of 37% of the samples. The *Pinus elliottii* x *caribaea* *Pinus* var. *Hondurensis* has a mean degree of severe attack with a loss of 77% of the samples. *Eucalyptus grandis* Hill ex- Maiden in the same conditions has a mean degree of moderate attack, with a loss of 73% of the samples.

**Key words:** Natural durability, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Pinus taeda* L. Marion, *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, graveyard.

---

\* Se presento para dos inspecciones en el Congreso Forestal Argentino 2013

## Introducción

El uso de las maderas a la intemperie en diversas construcciones es muy común en la región Noreste del país, se tiene conocimiento que a pesar del paso del tiempo, muchas de las maderas utilizadas con ese fin, conservan sus propiedades físicas y estéticas, evidenciando una resistencia natural al ataque de hongos xilófagos y otros agentes biológicos.

A la fecha no existen estudios a campo publicados para las especies en estudio, en esta zona del país, por lo cual es difícil saber su durabilidad natural en condiciones de uso. Los estudios realizados en nuestra facultad son a nivel de laboratorio para las especies mencionadas. Los resultados para el *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* frente a la acción de hongos xilófagos *Laetiporus sulfureus* y *Pycnoporus* resulto de grado percederas y no resistente respectivamente. En el caso *Pinus taeda* para los dos hongos resulto de grado percederas (Bobadilla *et al*, 2012).

En la madera del Eucalipto, frente a la acción de las dos especies de hongos *Gloeophyllum* sp. y *Pleurotus sajor-caju* utilizados en este estudio se lo clasifico como no resistente (Suirezs *et al*, 2010).

En la provincia según el inventario forestal provincial 2009-2010 la superficie de *Eucalyptus* es de 25.157ha y de 302.382ha de *Pinus* (SIFIP 2010). Ante la demanda creciente de madera de bosque nativo por parte de las industrias, es necesario incursionar en otras especies para su utilización como madera durable sin la necesidad de usar productos preservantes. Es por ello que se considera de importancia el estudio de la durabilidad natural de las especies *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden , *Pinus taeda* L. Marion y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (híbrido), que actualmente están siendo utilizadas en las construcciones locales. Cuffré *et al.*(2010), realizaron un estudio de la durabilidad natural de la madera de *Eucalyptus grandis* en Argentina que involucra estudios de campo en 6 sitios del país con diferentes condiciones climáticas: 2 se ubicaron en la provincia de Santa Fe y los restantes en las de Entre Ríos, Buenos Aires, Córdoba y Mendoza. Utilizaron la norma EN 350-1 la cual hace referencia a una especie testigo y al año de su instalación el deterioro producido por el ataque de hongos xilófagos permite inferir que la durabilidad natural de la especie se ubicará entre las clases de durabilidad 3 (medianamente durable) y 4 (poco durable). El resultado del deterioro biológico da valores de grado de ataque entre 0,1 a 2,7.

## Objetivos

Determinar la durabilidad natural de las especies *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Pinus taeda* L. Marion y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (híbrido) expuestos a campo abierto, ante la acción de agentes biológicos.

## Materiales y métodos

Se utilizaron muestras de madera aserrada de las industrias locales de las especies *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden , *Pinus taeda* L. Marion y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (híbrido).

Para la preparación de las probetas se siguieron las especificaciones de la Norma EN 252, que es la recomendada por la EN251 para efectuar el ensayo de campo. Se utilizaron 30 probetas por especie, de 2,5cm x 5cm x 50cm (**figura1**). Luego se identificaron cada una de las probetas con un número para la especie y otro para la probeta. (**foto1**).



**Figura 1: esquema de probetas**  
**Picture 1: Sample scheme**



**Foto1: chapa de identificación**  
**Foto1: chapa de identificación**

El terreno utilizado se encuentra en la ciudad de Eldorado, km 8, las dimensiones utilizadas fue de 8 x10m. Se limpio el terreno, se delimito la parcela y las divisorias (**foto 2**).



**Foto 2: Etapas de preparación del terreno**  
**Photo 2: Land preparation stages**

El suelo ha sido analizado por el Laboratorio de suelos de la Cátedra de Edafología, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste. Dando los siguientes resultados: ph en agua: relación Suelo Agua= 1:2,5 Materia orgánica: Método Walkey-Black (MO); Fósforo: Método Bray II (P); Calcio, Magnesio, Potasio: Método Cloruro de Sodio (Ca, Mg, K).

		pH	MO	P	CA	MG	K
Laboratorio	Campo		%	ppm	meq/100g de suelo		
	1114 forestal	4,5	3,9	0,93	1,71	0,42	0,11

Para la instalación de las probetas en el terreno se delimito una cuadrícula, se hicieron los pozos para la instalación de las probetas en el terreno (**foto 3**).



**Foto 3: Instalación de las probetas del terreno**  
**Photo 3: Settlement of the samples in the land**

Las probetas se instalaron en forma vertical, formando cuadrículas con un distanciamiento de 0,50cm x 0,50cm, utilizando un diseño en bloques completamente aleatorizados con 15 repeticiones y colocadas a una profundidad de 25cm, presionando el suelo en la región de contacto.

Para el control del estado sanitario de las probetas se realizaron inspecciones cada 6 meses, tomando todos los detalles correspondientes en una planilla confeccionada al efecto. El examen comienza con un ligero golpe sobre una de las caras de 5cm con la probeta aun enterrada en el suelo, para ver si su resistencia se ha reducido tanto que se rompa. Si no se rompe se retira y se le quita la tierra adherida para examinar todas las caras y detectar si hay o no presencia de síntomas de cambio en la madera, por ejemplo color, forma, presencia de formaciones fúngicas y otras. Luego se reinstala con cuidado en su lugar de origen. En este caso no se usó una especie de referencia como establece la Norma EN 252. El ensayo fue instalado en diciembre de 2011, y se han realizado tres inspecciones, en julio del 2012, los primeros días de enero del 2013 y en julio de 2013.

Para las inspecciones se utilizó la clasificación de ataque por microorganismos de la norma EN252, la cual clasifica en cinco grados de ataque:

Clasificación	Grado
Sin ataque	0
Ataque ligero	1
Ataque moderado	2
Ataque severo	3
Ruptura	4

### Resultados y discusión

En julio, diciembre y julio del año siguiente se hicieron las extracciones de todas las probetas según lo planteado. El estado sanitario observado para las distintas especies se presenta en las siguientes tablas (**tabla 1** y **2**).

El *Pinus taeda* L. Marion mostro un estado bueno, en la primer inspección, encontrándose micelio de hongo en alguna de las probetas en menor o mayor grado según se consigna en la **tabla 1**. En la segunda inspección solo en una probeta de esta especie se observó el ataque de termites, siendo el ataque de hongos el motivo de ruptura de 5 probetas. En la tercera inspección se perdieron 6 probetas más.

**Tabla1: Resultados de las 3 inspecciones de madera de *Pinus taeda* según la clasificación EN252 al ataque de microorganismos.**

**Table 1: Results of three inspections of *Pinus taeda* wood according to the EN252 classification to microorganisms attack.**

<i>Pinus taeda</i>	1° inspección	2° inspección	3° Inspección
<b>Grado promedio</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
	<b>Ataque ligero</b>	<b>Ataque severo</b>	<b>Ataque severo</b>
Sin ataque	37%	0,00%	0%
Ataque ligero	13%	16,67%	0%
Ataque moderado	17%	30,00%	16%
Ataque severo	33%	36,67%	60%
Ruptura	0%	16,67%	24%

En la tabla 1 se puede observar que para los 6 primeros meses la madera en promedio tiene grado de Ataque ligero y para las dos siguientes inspecciones, pasa a un grado de Ataque severo en promedio.

Al comparar estos valores con los obtenidos en laboratorio (Bobadilla *et al*, 2012 ), en el cual para los hongos estudiados dieron precederas según la clasificación de Findlay, en *Pinus taeda* y se corresponde al obtenido en este trabajo, cercano al grado de Ataque severo según norma EN252 .

El *Pinus elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis* (híbrido), ya en la primera inspección se tuvieron que retirar varias probetas (10) del terreno debido al deterioro producido por hongos e insectos, en la segunda 8 y en la tercera inspección 6 ejemplares. En esta especie la presencia de termites fue encontrada en 3 probetas al comienzo y 5 en la segunda inspección. Las observaciones se resumen en la **tabla 2**.

**Tabla 2: Resultados de las 3 inspecciones de madera de *Pinus elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis* según la clasificación EN252 al ataque de microorganismos.**

**Table 2: Results of three inspections of *Pinus elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis* wood according to the EN 252 classification to microorganisms attack.**

<i>Pinus híbrido</i>	1° inspección	2° inspección	3° inspección
<b>Grado promedio</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	<b>Ataque moderado</b>	<b>Ataque severo</b>	<b>Ataque moderado</b>
Sin ataque	7%	5%	7%
Ataque ligero	50%	29%	29%
Ataque moderado	0%	14%	21%
Ataque severo	10%	14%	0%
Ruptura	33%	38%	43%

En la **tabla 2** se puede observar que para los 6 primeros meses la madera en promedio tiene grado de Ataque moderado y para el año(segunda inspección) pasa a un grado de Ataque severo en promedio y aumentando la pérdida total de probetas al 60% de las iniciales. En la tercera inspección se observa un ataque promedio moderado de las probetas remanentes en el ensayo. Se perdieron 6 probetas en esta inspección.

Para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, se retiraron dos probetas del terreno debido al deterioro de hongos e insectos, observándose mayor porcentaje de insectos termitas en 8 probetas. En la segunda inspección se observaron solo 2 con termites. En la tercera ins-

pección se perdieron 16 de los cuales 5 estaban atacadas por termites. En la **tabla 3** se presentan los resultados de las inspecciones.

En la **tabla 3** se puede observar que para los 6 primeros meses la madera en promedio tiene grado de Ataque ligero y para el año tiene un grado de Ataque moderado en promedio. De las probetas remanentes el grado de ataque avanza a severo.

Cuffré *et al.*(2010) en la clasificación de ataque de agentes microbiológicos utiliza la norma EN252 y obtiene valores de 0,1 a 2,7, coincidente con los valores obtenidos.

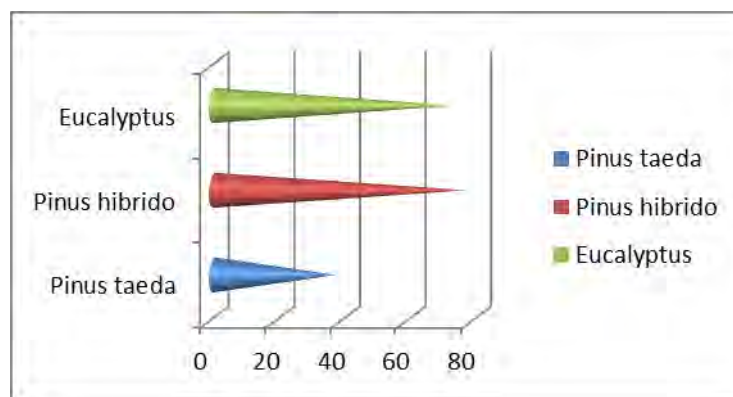
Al igual que si extrapolamos a los datos de laboratorio (Suirezs *et al*, 2010).en lo cual para los hongos estudiados dieron según la clasificación de Findlay no resistente.

**Tabla 3: Resultados de las 3 inspecciones de madera de *Eucalyptus grandis* según la clasificación EN252 al ataque de microorganismos.**

**Table 3: Results of three inspections of *Eucalyptu sgrandis* wood according to the EN 252 classification to microorganisms attack.**

<i>Eucalyptus</i>	1° inspección (6 meses)	2° inspección (12 meses)	3° inspección (18 meses)
<b>Grado promedio</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>ataque ligero</b>	<b>ataque moderado</b>	<b>Ataque severo</b>
Sin ataque	43%	7%	0%
Ataque ligero	30%	32%	4%
Ataque moderado	13%	4%	0%
Ataque severo	7%	43%	29%
Ruptura	7%	14%	67%

En el gráfico 1 se presentan los resultados del porcentaje de pérdidas de las tres especies después de las tres inspecciones.



**Gráfico 1: porcentajes de pérdidas después de tres inspecciones.**

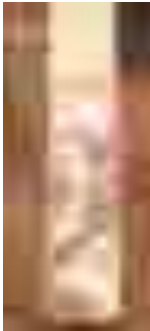
**Graphic 1: Loss percenta geafter three inspections.**

Las probetas infectadas fueron enviadas a la estación experimental INTA Montecarlo, con el propósito de identificar los agentes atacantes a las probetas retiradas del campo de ensayo. A la fecha a partir de la muestra 228 y 322, se realizaron los siguientes estudios: fueron desinfectadas en hipoclorito de sodio al 2% durante 1 minuto y luego fueron enjuagadas 2 veces en agua destilada estéril por un periodo de 1 minuto cada vez. Una vez desinfectadas se pusieron en cámara húmeda para favorecer el crecimiento del patógeno, solo la muestra 228 tuvo crecimiento de un hongo el cual no fue identificado todavía. El mismo será sembrado en placas de petri con agar papa para que crezca y se manifiesten



todas sus estructuras para poder de esta forma identificarlos. Una de las muestras, la 322 todavía no desarrollo ninguna estructura fúngica.

En las fotos 4, 5, 6 y 7 se muestran el estado de algunas de las probetas extraídas.



**Foto 4: Micelio del hongo**  
**Photo 4: Mycelium of the fungi.**



**Foto 5: Cuerpo fructífero del hongo**  
**Photo 5: Fructiferous body of the fungi**



**Foto 6: Probetas retiradas**  
**Photo 6: Isolated samples**



**Foto 7: Ataque de termitas**  
**Photo 7: Termite attack**

## Conclusiones y recomendaciones

Se puede concluir de la evaluación de estas tres primeras inspecciones de las tres especies estudiadas que:

- el *Pinus taeda* L. Marion en contacto con el suelo a la intemperie tiene un grado promedio de ataque severo después de un año y medio, con una pérdida del 37% de las probetas.
- el *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (híbrido) en contacto con el suelo a la intemperie tiene un grado promedio de ataque severo después de un año, y seis meses después el ataque fue moderado sobre las probetas remanentes, con una pérdida total del 77% de las probetas.
- el *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contacto con el suelo a la intemperie tiene un grado promedio de ataque severo después de un año y medio, con una pérdida del 73% de las probetas.

De las observaciones y relevamientos realizadas a la fecha el avance del deterioro en el ensayo de durabilidad manifiesta un deterioro mas acelerados de lo esperado.

## Bibliografía

- Bobadilla E. A.; Suirezs T. M. Stehr A. M.; Pereyra O.; Arguelles T.; Weber E. M.; Martínez S.; Vera L.; Almada C.; Morel M. GRADO DE DURABILIDAD NATURAL Y ADQUIRIDA DE LA MADERA DE *Pinus taeda* (pino taeda) y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (pino híbrido) ANTE LA ACCIÓN DE HONGOS XILOFAGOS. 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – FCF, UNaM – EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, 6 al 10 de junio de 2012. ACTAS CD ISSN 16685385
- Cuffré Alejandro; Guillermo Calvo; Carlos Fabio; Genovese Felipe; Vicente Dorado; Mónica Liliana; Piter Juan Carlos. Caracterización de la durabilidad natural de la madera de *Eucalyptus grandis* de Argentina para su utilización en construcciones. Cinpar 2010. VI Congreso Internacional sobre Patología y recuperación de estructuras. Junio 2012, Córdoba. Argentina.
- EN 252. UNE 56-425-91 Norma española de la Norma europea EN252 "Ensayo a campo para determinar la eficacia relativa de un protector de madera en contacto con el suelo". Junio 1989.
- Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial – SIFIP/Ministerio del Agro y la Producción/ Inventario Forestal (<http://extension.facfor.unam.edu.ar/sifip/inventario.htm>); 2010/ Diciembre de 2010
- Suirezs Teresa. M; Bobadilla Elisa A; Weber Elizabeth M; Arguelles T.; Stehr Alicia M; Almada Cyntia.; Morel M. DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Eucalipto) FRENTE A LA ACCIÓN DE DOS ESPECIES DE HONGOS XILOFAGOS. 2do Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. Diciembre de 2010, Mar del Plata. (sin publicar)

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LA MADERA DE PINO PONDEROSA (*Pinus ponderosa* DOUGL. EX LAWS) IMPREGNADA CON SOLUCIONES HIDROSOLUBLES.**

**TESTING THE BEHAVIOUR OF PONDEROSA PINE (*Pinus ponderosa* DOUGL. EX LAWS) WOOD IMPREGNATED WITH WATER-SOLUBLE SOLUTIONS WHEN EXPOSED TO FIRE.**

**Tonello, María Laura<sup>1,2</sup>; Keil, G.<sup>3,2</sup>; Maly, L.<sup>4,2</sup>; Canosa, G.<sup>5,6</sup>; Giúdice, C.<sup>7,6</sup>**

<sup>1</sup> Dra. Ing. Forestal, [marialauratonello@yahoo.com.ar](mailto:marialauratonello@yahoo.com.ar)

<sup>2</sup> Laboratorio de Investigaciones en Madera, LIMAD, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, av. 60 y 119, La Plata,

<sup>3</sup> Msc. Ing. Forestal, [gabrielkeil@yahoo.com.ar](mailto:gabrielkeil@yahoo.com.ar)

<sup>4</sup> Ing. Forestal, [lauramaly@yahoo.com.ar](mailto:lauramaly@yahoo.com.ar)

<sup>5</sup> Dra. Ing. Química, [guadalupecanosa@yahoo.com.ar](mailto:guadalupecanosa@yahoo.com.ar)

<sup>6</sup> Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Reg. La Plata - Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas, CIDEPINT(CIC-CONICET), av. 52 y 122, La Plata.

<sup>7</sup> Dr. Ing. Químico, [cagiudice@yahoo.com.ar](mailto:cagiudice@yahoo.com.ar)

## Resumen

La madera por ser combustible crea siempre “riesgo de incendio” y esto constituye una de las limitaciones a su mayor uso en la construcción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento al fuego de la madera de pino ponderosa impregnada con 8 formulaciones hidrosolubles: paraformaldehído (25, 50 y 100%); formulación de fosfato ácido de amonio, sulfato de amonio, ácido bórico y borato de sodio (10 y 15%); solución biopreservante (5%); formulación de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (8%) y CCA comercial (2%). El comportamiento al fuego fue evaluado mediante los ensayos de Índice de Oxígeno e Intermitente, resultando que las formulaciones de fosfato monoamónico y decaborato de sodio y las compuestas de boro, proporcionaron una capacidad ignífuga eficiente, calificándolo como un material autoextinguible; mientras que las soluciones de paraformaldehído, el CCA y el biopreservante no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre esta madera.

**Palabras clave:** madera, impregnación, ignífugos, Índice de Oxígeno, Ensayo Intermitente.

## Summary

Since wood is a combustible material, it is always at fire risk and therefore, this becomes one of the limitations for its use in construction. The aim of this paper is to test the behaviour when exposed to fire of Ponderosa pine wood impregnated with 8 water-soluble formulations: paraformaldehyde (25, 50 and 100%), formulation of ammonium acid phosphate, ammonium sulphate, boric acid and sodium borate (10 and 15%), biopreservation solution (5%), formulation of monoammonium phosphate and sodium decaborate (8%) and CCA commercial (2%). The fire reaction has been tested through the Oxygen Index and Intermittent tests. As regards the behaviour of monoammonium phosphate and sodium decaborate formulations and boron formulations when exposed to fire, both concentrations have provided Ponderosa pine wood with efficient fireproof capacity, thus

making it self-extinguishing. The solutions of paraformaldehyde, the CCA and the bio-preservation solution have not provided the ponderosa pine wood with flame retardant properties.

**Key words:** wood, impregnate, fireproof, Oxygen Index, Intermittent Tests.

## Introducción

*El fuego es considerado uno de los principales agentes de destrucción de objetos fabricados parcial o totalmente con madera. La madera por ser un material combustible, crea siempre el “riesgo de incendio”; esto constituye una de las limitaciones a su mayor uso en la construcción. La protección de los materiales leñosos frente al fuego está limitada a un efecto retardante, ya que ninguna sustancia química puede transformar la madera en material incombustible, dentro de los márgenes de tratamiento económico. Existe una gran variedad de sustancias que ofrecen resultados positivos sobre la demora en la propagación del fuego, la permanencia de la combustión y de la brasa. La acción de los retardantes reduce en el tiempo la pérdida de peso que sufre la madera por carbonización de la masa leñosa, al mismo tiempo que puede limitar la tendencia a la permanencia de la llama y/o brasa que aparece en la madera encendida. En la actualidad no se ha profundizado en el tema de impregnantes con productos de acción ignífuga sobre madera de pino ponderosa, si bien es impregnada con preservantes para usos en postes rurales debido a que su madera presenta una baja durabilidad natural. (Spavento, 2011). El pino ponderosa es una especie que se utiliza en múltiples productos y que tiene la gran ventaja de ser conocido en el mercado norteamericano, característica atractiva para la exportación hacia esos países. Es la conífera de rápido crecimiento más empleada y con gran potencial para forestar vastas extensiones en la región Andino Patagónica Argentina, mostrando crecimientos significativamente mayores que en los lugares de origen en los Estados Unidos (Gonda et al., 2009). Es una especie con una densidad baja, rango entre 351 a 550 kg.m<sup>-3</sup> (Keil et al, 2013), se trabaja fácilmente, tanto a mano como con herramientas mecánicas, aunque en ciertos casos la resistencia de las piezas aserradas puede verse reducida por el denso agrupamiento de nudos, producto de la ramificación uninodal característica. Otra característica que presenta esta especie es que su madera seca fácilmente. Actualmente esta especie representa el 70% de las plantaciones implantadas en la provincia de Neuquén. El volumen existente de madera de pino ponderosa en la provincia llega a 2.212.964 m<sup>3</sup> (Gonda et al., 2009). De acuerdo con lo expuesto y considerando la falta de estudios sobre la impregnación de esta especie con productos de acción ignífuga y de ensayos de comportamiento al fuego, es que se planteó el objetivo principal de este trabajo.*

El **objetivo** de este trabajo fue evaluar el comportamiento al fuego de la madera de pino ponderosa impregnada con 8 formulaciones hidrosolubles: paraformaldehído (25, 50 y 100%); formulación de fosfato ácido de amonio, sulfato de amonio, ácido bórico y borato de sodio (10 y 15%); solución biopreservante (5%); formulación de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (8%) y CCA comercial (2%).

## Materiales y métodos

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

### Obtención de probetas

Se trabajó con material proveniente del sudoeste de la provincia de Neuquén, extraído de la zona del lago Melliquina (40°27'23"S-71°13'52"O). Los ejemplares muestreados tenían una edad de 22 años. En la **tabla 1** se detallan las dimensiones de las probetas para cada ensayo.

**Tabla 1: Dimensión de las probetas de madera.**

**Table 1: Dimension of the wood samples.**

Ensayo	Norma	Dimensión (mm)
Contenido de humedad	IRAM 9532	20x20x20
Densidad	IRAM 9544	20x20x20
Impregnación	IRAM 9600	10x10x100
Índice de Oxígeno	ASTN 2863	10x10x100
Intermitente	UTN-LP	20x10x100

### Ensayos físicos

Las propiedades físicas estudiadas en las probetas de maderas sin impregnar fueron: contenido de humedad (CH), (IRAM 9532) y densidades aparentes normal (Dn) y anhidra (Do) (IRAM 9544).

### Impregnación de probetas

Se realizaron 8 procesos de impregnación con probetas de diversas dimensiones según los ensayos posteriores a realizar. Las soluciones impregnantes fueron P 100: paraformaldehído al 100%; P 50: paraformaldehído al 50%; P 25 : paraformaldehído al 25%; B 15: mezcla de bórax, ácido bórico y amoníaco al 15%; B 10: mezcla de bórax, ácido bórico y amoníaco al 10%; FB 8: solución fosfato/borato al 8%; CCA 2: arseniato de cobre cromatado comercial al 2% y Bio 5: biopreservante en desarrollo al 5% de concentración. Las formulaciones a base de boro se muestran en las **tablas 2 y 3**.

**Tabla 2: Formulación de las soluciones a base de boro (B 15 y B 10).**

**Table 2: Formulating solutions based on boron.**

Compuestos	Formulación	Porcentaje en peso sólido
Fosfato ácido de amonio	$\text{PO}_4\text{H}(\text{NH}_4)_2$	10
Sulfato de amonio	$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	60
Ácido bórico	$\text{H}_3\text{BO}_3$	20
Borato de sodio	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	10

La solución fue elaborada en el CIDEPINT.

**Tabla 3: Formulación de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (FB 8).**

**Table 3: Formulation of monoammonium phosphate and sodium decaborato**

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

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

La impregnación se realizó aplicando el procedimiento Bethell o de “célula llena” (IRAM 9600, 1998). Las probetas, secadas por debajo del punto de saturación de las fibras, fueron colocadas dentro del cilindro de impregnación. Luego se generó un vacío de 600 mm de Hg durante 10 minutos donde se consiguió extraer el aire del interior del cilindro y aquel del interior de los lúmenes celulares. Conservando el vacío, se inundó el cilindro con la solución impregnante y luego se aplicó presión hasta alcanzar un nivel máximo de  $0,49 \text{ N.mm}^{-2}$ , manteniéndola por 5 minutos. Posteriormente se drenó lentamente del cilindro el sobrante de solución, que no ingresó en la madera, disminuyendo la presión gradualmente. Se realizó un vacío final, de la misma magnitud y tiempo que el inicial, para extraer la solución excedente de la superficie de la madera.

Inmediatamente posterior a la impregnación, el 20% de las probetas fueron cortadas por la mitad en su longitud a fin de corroborar la **penetración** del impregnante, observándola a ojo desnudo y sin reactivos, en la escuadría de las mismas. Previo y posteriormente a la impregnación, se pesaron las probetas en balanza analítica de 0,01 g de precisión y se determinó el volumen con calibre micrométrico, para determinar el valor de **absorción**. Luego se obtuvo el valor de la **retención nominal**, expresada en kg de preservante por metro cúbico de madera y se determinó la **retención real**, corregida por densidad según norma IRAM 9600 (1998).

El ensayo de impregnación se llevó a cabo en la Empresa Química Bosques S.A. ubicada en el partido de Florencio Varela, provincia de Buenos Aires.

### Ensayos de comportamiento frente al fuego

Se analizó la resistencia frente al fuego de las probetas impregnadas mediante el ensayo de **Índice de Oxígeno (OI)** y el **Ensayo Intermitente**. Estas experiencias se realizaron en la Planta Piloto del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas (CIDEPINT). El **Ensayo OI**, objeto de la norma ASTM 2863, determina la mínima concentración de oxígeno en una mezcla con nitrógeno que puede mantener la combustión de un material en condiciones de equilibrio, como la combustión de una vela. El valor se expresa en porcentaje en volumen. La importancia de esta determinación no solo radica en medir la facilidad de combustión de los sustratos para comparar resultados, sino que un valor de OI mayor al 28% permite clasificar el sustrato como autoextinguible. Para esta experiencia se utilizó el equipo modelo Atlas OI-1015 y el método operativo en cada ensayo fue el siguiente: se dispuso la probeta en el soporte de tal manera que el borde superior de la misma, esté a 100 mm como mínimo de la parte superior del tubo y, en función de la experiencia adquirida, se seleccionó la concentración de oxígeno deseada. Se ajustaron seguidamente los valores de caudal para obtener, a través del tubo, la concentración de oxígeno deseada a una velocidad de  $4 \text{ cm.s}^{-1}$ , resultado de la relación entre el flujo de la mezcla en  $\text{cm}^3.\text{s}^{-1}$  y la superficie de la columna en  $\text{cm}^2$ . Se dejó purgar el sistema previamente durante 30 segundos y se procedió luego a provocar la combustión de la probeta con la ayuda del sistema de encendido, habiéndose puesto en marcha el cronómetro. Es importante mencionar que el ensayo OI no es representativo del comportamiento real del material en contacto con el fuego, pero es uno de los métodos preferidos en el desarrollo de tratamientos retardantes del fuego debido a que permite la obtención de valores numéricos reproducibles.

El **Ensayo Intermitente** consiste en someter el frente inferior de la probeta a la acción intermitente de la llama de un mechero Bunsen, dispuesto en un ángulo de 45°. La llama se ajusta de manera de alcanzar 10 mm de altura del cono azul y el orificio de salida del mechero se coloca a 15 mm de la superficie en examen. La probeta se somete a la acción de la llama durante 20 s, con períodos de descanso de 10 s. Se repite el ciclo de exposición fuego/reposo si la llama se autoextingue dentro de los 5 s de retirado el mechero y la zona carbonizada no excede los 8 cm<sup>2</sup>. Las exigencias de este ensayo determinan que para soluciones o pinturas que se aplicarán en servicio sobre un sustrato combustible deberán presentar una calificación de **Aprobado** y clasificación **Clase A**.

### **Análisis estadísticos**

Se calcularon las variables físicas, se obtuvieron los valores estadísticos descriptivos básicos (media, desvío, coeficiente de variación, rango y gráficos de dispersión) y se testearon estadísticamente la distribución normal de las variables y los valores atípicos hallados. Por último, se realizó un ANOVA para testear la respuesta de la absorción de las probetas a las distintas soluciones impregnantes.

### **Resultados y discusión**

#### **Propiedades físicas**

Los valores de contenido de humedad y densidades aparentes para el Pino ponderosa se presentan en la **tabla 4**.

**Tabla 4: Valores de CH%, Dn y Do para Pino ponderosa.**

**Table 4: Moisture content values and densities of ponderosa pine.**

<b>Parámetro estadístico</b>	<b>CH</b>	<b>Dn</b>	<b>Do</b>
Media	12,30 (%)	0,39 (kg.dm <sup>-3</sup> )	0,37(kg.dm <sup>-3</sup> )
Coeficiente de variabilidad	3,18 (%)	9,53 (%)	9,31 (%)

Según se observa en la tabla el contenido de humedad (CH) obtenido se ubicó en el rango especificado para la determinación de las propiedades físicas (Coronel, 1994) y apto para la impregnación de la madera en autoclave (IRAM 9600). De acuerdo a los valores de densidad aparente normal (Dn) la madera de Pino ponderosa resulta liviana, ya que sus valores resultaron entre 0,351 y 0,550 kg.dm<sup>-3</sup>.

#### **Impregnación**

En la impregnación por autoclave se observó una penetración total en toda la cuadría de la pieza de la probeta. Los valores de retención obtenidos fueron contrastados con los valores especificados en la norma IRAM 9600 para productos preservantes, ya que no existe en el país una normalización de este tipo para productos ignífugos. En la **tabla 5** se presentan los valores promedios de absorción y retención (nominal y real) para cada uno de los tratamientos.

**Tabla 5: Valores promedio de la impregnación de los 8 tratamientos.**  
**Table 5: Average values for the impregnation of the 8 treatments.**

Tratamiento	Absorción (kg.m <sup>-3</sup> )*	Retención nominal (kg.m <sup>-3</sup> )	Retención real (kg.m <sup>-3</sup> )	Penetración (%)
B 10	448,00 a	44,80	36,82	Total
B 15	499,07 a	74,86	61,53	Total
P 25	608,03 b	234,70	192,92	Total
P 50	504,53 a	252,26	207,36	Total
P 100	636,10 b	636,10	522,87	Total
FB 8	551,35 ab	44,10	36,25	Total
Bio 5	542,02 ab	27,10	22,27	Total
CCA 2	636,87 b	8,78	7,224	Total

\*Letras distintas denotan diferencias significativas (Tukey,  $p < 0,05$  %).

En la tabla se observa que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores de absorción entre los 8 tratamientos ensayados. Al estar afectados por distintas constantes, no es ilustrativo el promedio de las retenciones nominal y real, así como tampoco aporta información un análisis de ANOVA, ya que las diferencias entre tratamientos estarán dadas por las constantes que afectan el valor de la absorción para hacer los cálculos de retención nominal y real. Si bien la absorción depende de una serie de variables - tipo de madera, solución impregnante y condiciones de proceso, son las más significativas (Malkov, 2002) - el valor medio hallado en este trabajo resultó superior al citado por Otaño *et al.* (1999), para otras cuatro especies de *Pinus*, aplicando un tratamiento semejante. Los coeficientes de variación obtenidos se encontraron en un rango medio (entre 10-20%), acercándose al límite inferior del mismo.

### Ensayos de comportamiento frente al fuego

En la **tabla 6** se sintetizan los resultados OI e Intermitente para la madera testigo sin impregnar y las probetas impregnadas con las 8 formulaciones ensayadas.

**Tabla 6: Resultados de los ensayos de comportamiento al fuego.**  
**Table 6: Test results fire behavior.**

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

Según se puede observar los valores OI e Intermitente obtenidos para las soluciones de **paraformaldehído** fueron malos, comportándose igual o peor que el testigo. El uso del paraformaldehído no provocó retardancia de llama en los ensayos, lo cual de haber resultado positivo, hubiera agregado al paraformaldehído una propiedad a la ya reconocida eficiencia en su capacidad biocida, (Rams & Martínez, 2007). Las soluciones que contienen **mezcla a base de boro al 15% y al 10%** proporcionaron a las muestras de madera de Pino



ponderosa una capacidad ignífuga adecuada, de acuerdo a los ensayos realizados, calificándolo como un material autoextinguible, (Giudice, 2010). Valores menores de OI (37-50%), fueron encontrados por Pereyra & Giudice (2008) en madera de Araucaria angustifolia. Las soluciones que contienen **fosfato monoamónico y decaborato de sodio** proporcionaron buenas propiedades retardantes de llama sobre las probetas de madera. La **solución biopreservante y el CCA** no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera de Pino ponderosa.

### **Conclusiones**

La penetración fue total en toda la pieza de madera y los valores de absorción y retención real logrados en la impregnación profunda de Pino ponderosa fueron mayores a los obtenidos en otras especies de pinos y con otros preservantes hidrosolubles.

Las soluciones a base de boro, al 15 y al 10% y las de fosfato monoamónico y decaborato de sodio, proporcionaron a las muestras de madera de Pino ponderosa una capacidad ignífuga eficiente, de acuerdo a los ensayos realizados. Sería interesante continuar estos estudios ensayando soluciones en bajas concentraciones para evaluar su capacidad ignífuga, manteniendo la efectividad del tratamiento y reduciendo aún más su costo.

Las soluciones con paraformaldehído en las 3 concentraciones, el biopreservante y el CCA no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera.

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

### **Agradecimientos**

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

## Bibliografía

- ASTM 2863. (2006). American Society For Testing And Materials. Measuring The Minimum Oxygen concentration Support Candle- Like Combustion of Plastic.
- Coronel, E. O. (1994). "Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones". 1 Parte: "Fundamentos de las propiedades físicas de la madera". ITM - UNSE. 187 pp.
- Giúdice, C. (2010). "Determinación del Índice de Oxígeno". Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional de La Plata, Departamento de Ingeniería Química, Cátedra de Protección de Materiales, Práctica de Laboratorio N°1: 7 pp.
- Gonda, H.; Mohr Bell, D.; Sbrancia, R.; Lencinas, J.; Bava, J.; Monte, C.; Montoro, A.; Siebert, A.; García, E.; Menéndez, J.; Lutz, G.; Roccia, A.; Van Houtte, J.; Toth, A.; Tolone, G. & Salimbeni, J. (2009). "Inventario del Bosque Implantado en la Provincia de Neuquén". Ecogestión 2009. Primera reunión sobre planificación y legislación forestal. 18 pp.
- IRAM 9532. (1963). Método de determinación de humedad. Instituto de Racionalización de Materiales. 14 pp.
- IRAM 9544. (1985). Método para la determinación de la densidad aparente. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 10 pp.
- IRAM 9600. (1998). "Preservación de maderas-Maderas preservadas mediante procesos con presión en Autoclave". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. 23 pp.
- Keil, M; M. Refort & E. Spavento. (2013). Propiedades físicas de la madera de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws, proveniente de la provincia de Neuquén, Argentina. II Jornadas Forestales Patagonia Sur. Calafate, Argentina. Resumen número 16 en actas ISBN 978-987-679-238-7.
- Malkov, S. (2002). Studies on liquid penetration into softwood chips. Experiments, Models and Applications. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology to be presented with due permission of the Department of Forest Products Technology, Helsinki University of Technology for public examination and debate in Council Room at Helsinki University of Technology (Espoo, Finland) on the 22nd of November, at 12 noon. 76 p.
- Otaño, M.; G. Keil; M. Luna; B. Díaz & R. Marlats. (1999). "Impregnación de Maderas de *pinus radiata*, *p. pinaster*, *p. pinea* y *p. halepensis*: relación entre la absorción de preservantes hidrosolubles y sus características físicas y mecánicas". Revista de la Facultad Agronomía. La Plata. ISSN 0041-8676. 104 (1): 75-84.
- Pereyra A. M. & C. A. Giúdice. (2008). Silicatos de Etilo con Diferente Grado de Hidrólisis como Material Impregnante Ignífugo para Maderas. Maderas. Ciencia y tecnología 10(2): 113-127.
- Rams & Martinez, S. L. (2007). "Paraformaldehído: Ficha de Datos de Seguridad (FDS)". T 3 Química. 3 pp.
- Spavento, E. (2011). "Identificación de productos y mercados potenciales para el sector forestal", en el marco del "Proyecto BIRF LN 7520 AR - Manejo Sustentable de Recursos Naturales Componente 2 – Plantaciones Forestales Sustentables. Ministerio de Agricultura de la Nación. Informe Final de 259 pp.

**EFFECTO DE LA COCCIÓN DE TROZAS Y DE LA APLICACIÓN DE DISTINTOS GRAMAJES DE ADHESIVO EN LA CALIDAD DE UNIONES Y RESISTENCIA AL CORTE DE TABLEROS COMPENSADOS PRODUCIDOS CON *Pinus taeda* L.**

**EFFECT OF CONDITIONING AND DIFFERENT AMOUNT OF GLUE IN QUALITY OF THE GLUE LINE AND SHEAR STRENGTH OF PLYWOOD PRODUCED WITH WOOD OF *Pinus taeda* L.**

**Piccoli, Yamila<sup>1</sup>; Beccaluva, M.D.<sup>2</sup>; Marek, M.<sup>3</sup> y Korth, S.M.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniera en Industrias de la Madera – Enrique R. Zeni y Cia. E-mail: ypiccoli@zeni.com.ar

<sup>2</sup> Ingeniero en Industrias de la Madera – Coama Sudamérica SA. E-mail: daniel@coama.com.ar

<sup>3</sup> Docente orientador. Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Bertoni 124, Eldorado, Misiones. E-mail: mmarek@facfor.unam.edu.ar - www.facfor.unam.edu.ar

<sup>4</sup> Docente Co-Orientadora. Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado, Misiones, Argentina. E-mail: silviakorth@hotmail.com

**Resumen**

En este trabajo se estudió la calidad y resistencia de la unión encolada de tableros compensados, utilizando tres gramajes de cola fenólica, fabricados a partir de una troza de *Pinus taeda* seccionada en mitades, aplicando cocción a una de ellas. La fabricación de láminas y tableros se realizó en la planta industrial, y los ensayos según Norma IRAM 9.562.

Teniendo en cuenta la relación entre la resistencia al cizallamiento y el porcentaje de falla por madera, los resultados obtenidos dentro de la zona de aceptación fueron del 93% para láminas sin cocción y encoladas con el gramaje A (540 g/m<sup>2</sup>), 70% utilizando el gramaje B (90%deA) y 85% para el gramaje C (90%deB). Para las láminas logradas con cocción, los resultados para el gramaje A fueron del 97% dentro de la zona de aceptación, para el gramaje B el 54% y solo el 49% utilizando el gramaje C.

**Palabras clave:** tableros compensados, cocción, gramaje, calidad de unión

**Summary**

The objective was to evaluate the quality of the plywood bonding using three different amount of glue of fenol-formaldhyde glue, manufactured from a bolt of *Pinus taeda* that was cut in the middle, which one was heated. The manufacturing of veneer and plywood, was carried out in the plywood manufacturer plant. The tests were made according the standard IRAM9562. Considering the relationship between the shear strength and percent wood-failure, the results obtained within the area of acceptance were 93% for veneer made with bolts without heating and amount of glue A (540 gr/m<sup>2</sup>), 70% using amount of glue B (90% A) and 85% by amount of glue C (90% B). For plywood from heating bolts, the results obtained within the area of acceptance were 97% for plywood without heating and amount of glue A, 54% using amount of glue B and just the 49% by amount of glue C.

**Key words:** plywood, log conditioning, bonding of wood, quality of glue line

## Introducción

La madera compensada o contrachapada es el producto elaborado con 3 o más láminas de madera encoladas, que llevan la dirección del grano cruzadas entre sí respecto de la lámina central, con el fin de distribuir la resistencia longitudinal y compensar la deformación. Sus caras llevan las vetas en la dirección de la dimensión mayor de la pieza, según Norma IRAM 9502 (1977)

*Estos tableros son utilizados en la industria naval, mobiliaria y de construcción civil para diferentes aplicaciones, dependiendo entre otros factores; de la formulación del adhesivo utilizado en el encolado de las láminas, que estará en función del uso final del tablero y de los recursos disponibles para su producción.*

La cocción de la materia prima para fabricar compensados de madera constituye una buena práctica de manufactura y tiene un amplio respaldo bibliográfico, pese a ello en empresas de la región no se aplica a especies que lo requieren. Esta situación derivaría en la producción de láminas con mayor rugosidad superficial que precisan de un mayor consumo de cola para obtener una misma unión con la calidad estándar exigida.

Es por ello que en el presente trabajo se evaluará calidad del encolado comparando tableros compensados realizados a partir de láminas de *Pino taeda* L. con y sin cocción, con tres gramajes distintos de adhesivo Fenol-Formaldehido (PF), según norma IRAM 9562 (2006), (Piccoli, et al.; 2013).

La rugosidad excesiva provoca un aumento en el consumo de adhesivo, perjudica la línea de cola y condiciona la cantidad de madera que puede ser retirada durante la etapa de lijado o calibración del panel (Según Feihl & Godin, 1970; citado por Lutz, 1974).

La cocción en algunos casos mejora el aprovechamiento, considerando desde el punto de vista económico, establecieron que la mayor ganancia de la cocción de trozas de Pino Oregón fue debido al incremento en términos de la calidad. En relación a la uniformidad del espesor, factor importante en la calidad de láminas, no detectaron diferencias en las láminas producidas a partir de trozas con y sin cocción (Lutz, 1974).

El tiempo de cocción depende de la temperatura recomendada para la laminación, de diámetro y de la densidad específica del rollo (Latorraca, 1998; Marek, 2009).

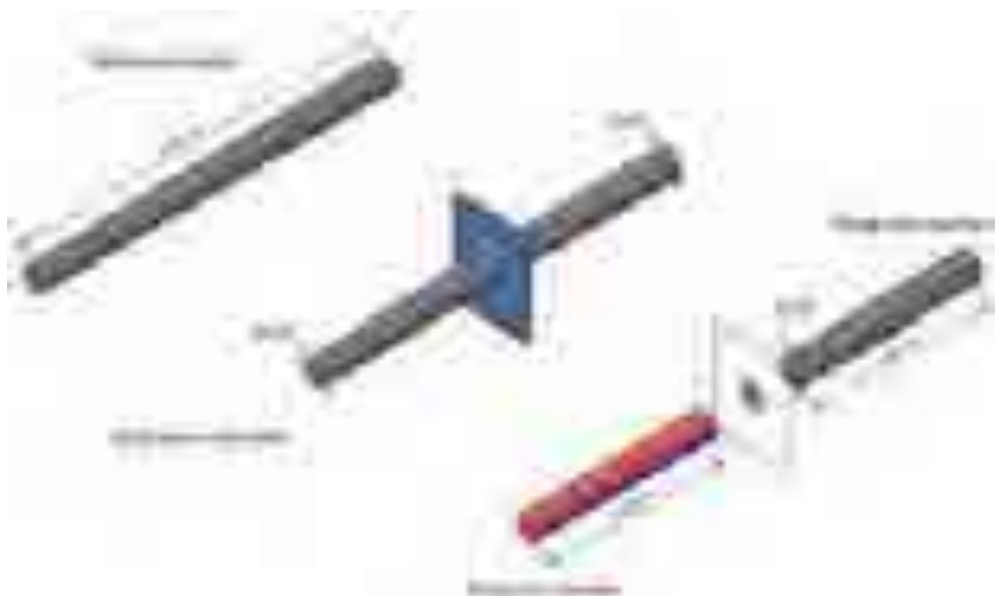
La cocción torna la madera más plástica, según la temperatura y no del tiempo que pertenece en esta temperatura. Trozas laminadas en caliente presentan menores grietas de laminación que trozas laminadas sin cocción previa. Este efecto es más notorio con especies de mayor densidad y láminas de mayor espesor. Otras alteraciones producidas por la cocción son: disminución de la dureza, disminuciones de tensiones de crecimiento, firmeza de la lámina y tiempo de secado posterior (Lutz, 1974). Los métodos de cocción más difundidos comercialmente son la inmersión de las trozas en agua caliente y la vaporización (Lutz, 1960).

El fin de este trabajo ha sido el de determinar si la aplicación del tratamiento permitiría aplicar un menor gramaje de adhesivo, sin afectar la calidad y la resistencia de la unión encolada, y por lo tanto del tablero compensado.

## Materiales y métodos

### Materia Prima

Se seleccionó al azar una troza de *Pinus taeda* de 5,2 m de largo y se lo trozó al medio, como muestra la figura 1. Esto se hizo con el objeto de minimizar el error experimental producido por las variaciones de densidad y resistencia del leño (Jovanovski, et al, 2002). Una de las partes se sometió a cocción durante 18 horas a una temperatura aproximada de 60°C y a la otra mitad no se le aplicó tratamiento.



**Figura 1: Corte de la troza al medio, para permitir dos tratamientos (con y sin cocción).**  
**Figure 1: Bucking of the log in the middle, to make two treatments (with, and without steaming).**

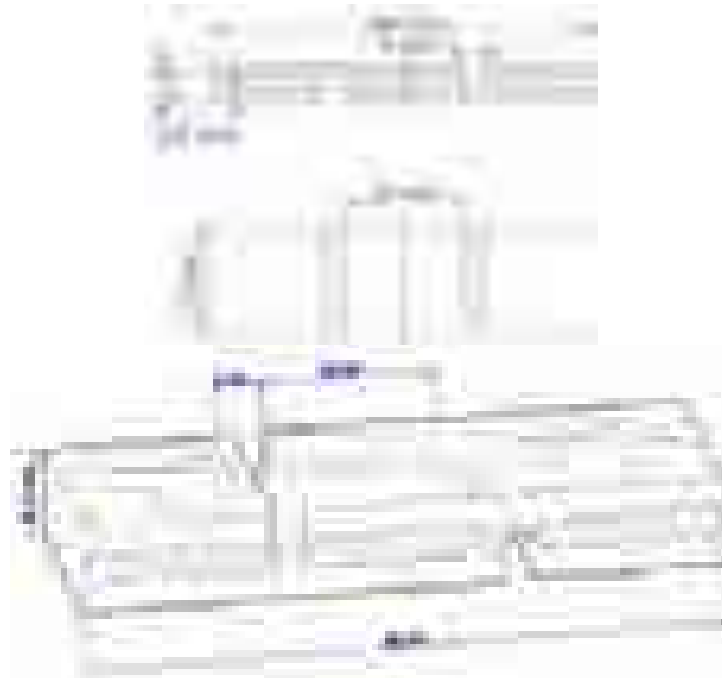
### *Fabricación de los tableros compensados (terciado)*

En la industria se fabricaron tableros de 3 láminas con los diferentes gramajes de adhesivo ( $\text{g/m}^2$ ):

- A: 433 ( $\text{g/m}^2$ ). Gramaje normal, en fábrica. Aplicado mediante encolador.
- B: 390 ( $\text{g/m}^2$ ). Encolados manualmente, 90 % de la dosis normal de fábrica.
- C: 351 ( $\text{g/m}^2$ ). Encolados manualmente, 80 % de la dosis normal de fábrica.

Una vez prearmados los tableros se prepresaron en la prensa fría durante 10 minutos, aplicando 0,78 MPa ( $\sim 8 \text{ kgf/cm}^2$ ) de presión específica. Luego se terminaron de prensar en la prensa caliente durante 10 min, con una temperatura promedio de 89,07°C y una presión de trabajo de 1,27 MPa ( $\sim 13 \text{ kgf/cm}^2$ ). Una vez prensado, los tableros fueron finalmente dimensionados en largo y ancho, ya partir de ellos se obtuvieron las probetas. Estas se prepararon tal como se indica en la figura 2, a razón de 10 probetas por cada línea de cola de ensayo según lo establece la Norma IRAM 9703-1. En la tabla 1 se puede observar el diseño del experimento.

Cada probeta se cortó de tal forma que la reacción de la fibra de la lámina, entre las líneas de adhesivo a ensayar, sea perpendicular a la dirección de las probetas y las entalladuras se realizan de tal forma que permita la comprobación de todas las líneas de adhesivo del tablero. Las entalladuras deben llegar hasta la lámina a ensayar.



**Figura 2: Dimensiones de probeta de cizallamiento, según Norma IRAM 9562.**  
**Figure 2: Shear specimen dimensions, according to IRAM 9562 standard.**

Distancia entre entalladuras	$25 \pm 0,5$ mm
Largo de las entalladuras (ancho de la probeta)	$25 \pm 0,5$ mm
Ancho de las entalladuras	2,5 a 4,0 mm
Espesor de la probeta (espesor del compensado)	2,8 mm
Distancia mínima entre mordazas I	50 mm
Largo de la probeta	80 mm

***Pretratamientos:***

Los pretratamientos a los que se sometieron las probetas son los exigidos por la norma IRAM 9562, y se describen a continuación:

- a) Pretratamiento 1: Se sumerge en agua durante 24 a  $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .
- b) Pretratamiento 2: Se sumerge en agua hirviendo durante 6 horas, y a continuación se enfría en agua a  $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ , durante 1 hora como mínimo, para llevar la temperatura de la probeta a  $20^{\circ}\text{C}$ .
- c) Pretratamiento 3: Se sumerge en agua hirviendo durante 4 horas; se seca en la estufa con ventilación forzada durante 16 a 20 horas, a  $(60 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ; a continuación se sumerge en agua hirviendo durante 4 horas y finalmente se enfría en agua a  $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora como mínimo, para llevar la temperatura de la probeta a  $20^{\circ}\text{C}$ .

**Tabla 1: Diseño del experimento. Repeticiones de probetas con sus respectivos gramajes y pre tratamientos establecidos por Norma IRAM 9562**

**Table 1: Design of the experiment. Repetitions of samples with different amount of glue and pre treatments, according IRAM 9562 Standard.**

Láminas obtenidas de trozas con vaporización			Láminas obtenidas de trozas sin vaporización		
Gramajes	Pretratamiento	Repeticiones	Gramajes	Pretratamiento	Repeticiones
A (g)	Pretratamiento	10	A (g)	Pretratamiento	10
	Pretratamiento	10		Pretratamiento	10
	Pretratamiento	10		Pretratamiento	10
B (g)	Pretratamiento	10	B (g)	Pretratamiento	10
	Pretratamiento	10		Pretratamiento	10
	Pretratamiento	10		Pretratamiento	10
C (g)	Pretratamiento	10	C (g)	Pretratamiento	10
	Pretratamiento	10		Pretratamiento	10
	Pretratamiento	10		Pretratamiento	10

**Variables de respuesta:**

Las variables de respuesta obtenidas en los ensayos fueron la carga máxima de rotura (RFM) en Newton (N), la resistencia al cizallamiento (F<sub>fm</sub>) en N/mm<sup>2</sup> y el porcentaje de la falla por madera (%), determinados mediante ensayos en una maquina universal<sup>8</sup>. La determinación de porcentajes de falla de la madera es una determinación subjetiva que requiere práctica. Esta evaluación fue realizada utilizándose la media de los valores registrados entre dos personas para intentar alcanzar una mayor precisión. En el Anexo 1 se muestra la ilustración de referencia del porcentaje por falla de madera.

**Análisis estadístico de datos:**

Para el análisis de datos de las tres variables respuestas fueron separados por pretratamientos, ya que esto constituye un método de ensayo establecido por la Norma IRAM 9562 y no una condición de producción de tableros.

El diseño experimental aplicado fue el diseño completamente aleatorizado y los tratamientos surgieron como combinación de tres factores con diferentes niveles, analizados en conjunto para verificar las mejores combinaciones e independientemente para probar como inciden individualmente sobre la variable respuesta en cuestión.

Tal es así entonces que cada nivel de gramaje, pretratamiento y tratamiento previo del rollo se consideró como un tratamiento, asimismo la vaporización, aplicando en todos los casos Análisis de Variancia (ANOVA) y posteriores contrastes de medias usando el test de Tukey (Pimentel Gomes, 1978) en caso de existir diferencias estadísticamente significativas. Además se probaron los supuestos que sustentan la técnica de ANOVA. Asimismo se verifica la aceptación o rechazo que establece la Norma IRAM 9562, párrafo 7.4. Los datos fueron analizados estadísticamente con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2012).

<sup>8</sup> La sensibilidad mínima de la maquina Universal de ensayos es de 300 N. Valores inferiores, no son registrados por lo cual en algunos casos se escribe “s/d”

## Resultados y discusión

### Resistencia a la cizalladura (RFM)

La tabla numero 2 indica que el gramaje A es el que arroja mejores resultados de las medias de la variable respuesta RFM con respecto a los gramajes B y C que están en el mismo grupo y por ende son grupos homogéneos estadísticamente.

**Tabla 2: Resistencia a la cizalladura según gramaje (Trat A, B y C)\***  
**Table 2: Shear Strength according amount of glue (Trat A, B and C) \***

Gramaje	Pretatamiento 1	Pretatamiento 2	Pretatamiento 3
<b>A</b> 433 (g/m <sup>2</sup> )	3,68 a	3,13 a	2,89 a
<b>C</b> 390 (g/m <sup>2</sup> )	1,86 b	1,77 b	1,51 b
<b>B</b> 351 (g/m <sup>2</sup> )	1,79 b	1,04 b	1,19 b

\*Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas.

En la tabla 3 se presenta el contraste de medias teniendo en cuenta que las trozas tengan o no cocción (test de Tukey).

**Tabla 3: Resistencia a la cizalladura según tenga cocción o sin cocción\***  
**Table 3: Shear strength with and without steaming \***

Tratamiento	Pretatamiento 1	Pretatamiento 2	Pretatamiento 3
<b>Sin cocción (sc)</b>	2,51 a	2,28 a	2,05 a
<b>Con cocción (cc)</b>	2,38 a	1,92 a	1,68 a

\*Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas.

Las letras iguales indican homogeneidad estadística en las medias de las cargas máximas de rotura, como ya se vio en el ANOVA, que el efecto del tratamiento con cocción/sin cocción no genera diferencias significativas, para todos los pretratamientos aplicados.

**Tabla 4: Resistencia a la cizalladura según gramaje (Tratamientos A, B y C) combinado con factores cocción y sin cocción.**  
**Table 4: Shear strength according amount of glue (Treatment A, B and C) combined with and without steaming.**

Tratamiento	Gramaje	Medias Pretatamiento 1	Medias Pretatamiento 2	Medias Pretatamiento 3
<b>Con cocción (cc)</b>	A	4,20 a	3,60 a	3,31 a
<b>Sin cocción (sc)</b>	A	3,16 ab	2,67 ab	2,46 ab
<b>Sin cocción (sc)</b>	C	2,96 ab	2,21 ab	2,23 abc
<b>Con cocción (cc)</b>	B	2,17 bc	1,96 ab	1,44 bc
<b>Sin cocción (sc)</b>	B	1,42 bc	1,32 b	0,93 c
<b>Con cocción (cc)</b>	C	0,76 c	0,83 b	0,78 c

\*Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas.



Según los pretratamientos aplicados a las probetas, se puede apreciar que la combinación de los efectos con cocción (**cc**) y un mayor gramaje (**A**) arrojan el mejor resultado en la respuesta variable carga máxima de rotura. Las combinaciones de sin cocción (**sc**) con alto gramaje (**A**) en segundo orden, por lo que se ve la importancia de la cantidad de adhesivo aplicado, para la calidad de la unión. Un comportamiento llamativo presenta el tratamiento sin cocción (**sc**) y gramaje (**C**) comparte un grupo homogéneas estadísticamente con las combinaciones (**cc**) y (**B**) y (**sc**) y (**B**). Por último, la combinación (**cc**) y (**C**) es la que arroja los valores más bajos de medias para la variable respuesta en cuestión.

### Porcentaje de falla de madera

**Tabla 5: Porcentaje de falla por madera según gramaje (Trat A, B y C)**

**Table 5: Percentage of wood failure according to amount of glue (Trat A, B and C)**

Gramaje	Pretatamiento 1	Pretatamiento 2	Pretatamiento 3
<b>A</b> 433 (g/m <sup>2</sup> )	47% a	21% a	52% a
<b>C</b> 390 (g/m <sup>2</sup> )	15% b	9% a	5% b
<b>B</b> 351 (g/m <sup>2</sup> )	5% b	2% a	2% b

\*Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas.

El gramaje A es el que arroja mejores resultados de porcentaje de rotura por falla de madera. Los gramajes B y C, son estadísticamente homogéneos y arrojan los menores porcentajes de rotura por falla de madera, lo que se repite en el pretatamiento 3, no así en el 2 (tabla 5)

**Tabla 6: Porcentaje de falla por madera según tenga cocción o sin cocción**

**Table 6: Percentage of wood failure according with and without steaming**

Tratamiento	Pretatamiento 1	Pretatamiento 2	Pretatamiento 3
<b>Sin cocción (sc)</b>	27% a	13% a	s/d <sup>9</sup>
<b>Con cocción (cc)</b>	18% a	9% a	2%

\*Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas.

En la tabla 6 conjuntos iguales indican homogeneidad estadísticas en las medias del porcentaje de rotura por falla de madera, esto indica que el efecto **con cocción o sin cocción** no genera diferencias significativas para los pretratamientos 1 y 2.

**Tabla 7: Porcentaje de falla por madera según gramaje (Tratamiento A, B y C) combinado con factores cocción y sin cocción.**

**Table 7: Percentage of wood failure according amount of glue (Treatment A, B and C) combined with and without steaming.**

Tratamiento	Gramaje	Medias Pretatamiento 1	Medias Pretatamiento 2	Medias Pretatamiento 3
<b>Con cocción (cc)</b>	A	73% a	39% a	s/d
<b>Sin cocción (sc)</b>	A	29% b	19% ab	s/d

<sup>9</sup> La sensibilidad mínima de la maquina Universal de ensayos es de 300 N. Valores inferiores, no son registrados por lo cual en algunos casos se escribe "s/d" y por lo tanto se elimina esta variable Falla por madera.

<b>Sin cocción (sc)</b>	C	21% b	4% ab	s/d
<b>Con cocción (cc)</b>	B	7% b	3% ab	52% d
<b>Sin cocción (sc)</b>	B	3% b	0,33% b	5% e
<b>Con cocción (cc)</b>	C	0% b	0,2% b	2% e

\*Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas.

Analizando los resultados de la tabla 7 se puede verificar que a partir de la combinación entre el factor con cocción (cc) y gramaje A se obtuvo el mayor valor promedio de porcentaje de rotura por falla de madera para los pretratamientos 1 y 2. Para todas las demás combinaciones existentes el porcentaje de rotura por falla de madera es mucho menor y todas estas se encuentran en el mismo conjunto, por lo que son estadísticamente homogéneas.

**Tabla 8. Resumen de datos con tratamiento sin cocción**  
**Table 8. Summary of treatment without steaming**

<i>Laminas logradas con trozas sin cocción</i>						
<b>Gramajes (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pre tratamiento</b>	<b>N° de datos</b>	<b>RFM</b>	<b>% rotura por falla de madera</b>	<b>Datos en zona de aceptación</b>	<b>% en la zona de aceptación</b>
<b>A</b> 433 g/m <sup>2</sup>	1	10	2,34	21,00	10	100%
	2	9	2,28	3,20	8	89%
	3	11	2,09	20,45	10	91%
<b>B</b> 390 g/m <sup>2</sup>	1	9	2,54	2,78	5	56%
	2	8	1,96	4,00	7	88%
	3	9	1,44	13,00	6	67%
<b>C</b> 351 g/m <sup>2</sup>	1	12	3,00	2,96	11	92%
	2	7	2,21	19,00	6	86%
	3	9	2,23	19,00	7	78%

En las tablas 8 y 9 se muestra el resumen de los datos obtenidos para los tratamientos con cocción y sin cocción respectivamente, exponiendo en cada una los valores de las medias de la carga máxima de rotura, de los porcentajes por falla de madera y de los valores que estuvieron dentro de la zona de aceptación en los gráficos de “relación de aceptación según Norma IRAM 9562”.

A partir de la tabla 8, relación de aceptación según Norma IRAM 9562, se puede concluir que la mayoría de las probetas ensayadas están en la zona de aceptación excepto una con la combinación de tratamientos (sc) y (C), otra con la combinación (sc) y (B), y por último una con la combinación (cc) y (C). Para todos los casos ensayados la combinación (cc) y (A) presenta los mejores valores de rotura por falla de madera en relación a la resistencia al cizallamiento.

**Tabla 9. Resumen de datos con tratamiento con cocción**  
**Table 9. Summary of treatment with steaming**

<i>Laminas logradas con trozas con cocción</i>						
<b>Gramajes (gr/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Pre tratamiento</b>	<b>Nº de datos</b>	<b>RFM</b>	<b>% rotura por falla de madera</b>	<b>Datos en zona de aceptación</b>	<b>% en la zona de aceptación</b>
<b>A</b> 433 g/m <sup>2</sup>	1	10	<b>4,20</b>	<b>72,70</b>	9	90%
	2	12	3,60	39,00	12	<b>100%</b>
	3	12	3,30	51,83	12	<b>100%</b>
<b>B</b> 390 g/m <sup>2</sup>	1	9	2,16	7,00	7	78%
	2	3	0,83	0,33	1	33%
	3	6	0,93	1,67	3	50%
<b>C</b> 351 g/m <sup>2</sup>	1	8	0,80	0,30	3	38%
	2	5	1,32	0,20	3	60%
	3	6	0,78	1,67	3	50%

### **Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio se demostró que para las uniones encoladas de tableros compensados logrados a partir de trozas con vaporización el 97% de las probetas que fueron encoladas utilizando el gramaje A se encuentran dentro de la zona de aceptación determinada por la norma IRAM 9562, con respecto al gramaje B, el 61 % de los datos estuvieron dentro de la zona de aceptación y para el gramaje C solo el 47% demostraron tener una calidad de unión aceptable.

En base a los resultados obtenidos de los ensayos de calidad de uniones encoladas de tableros compensados logrados a partir de trozas sin vaporización, y teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la Norma IRAM 9562, se puede concluir que el 93% de las probetas que fueron encoladas utilizando el gramaje A se encuentran dentro de la zona de aceptación, que el 69% de las que fueron logradas a partir del gramaje B son aceptables, y que, a diferencia de lo esperado, el 86 % de las probetas encoladas con el menor gramaje, es decir, el gramaje C, presentaron una calidad de unión aceptable.

De los análisis estadísticos se deduce que el mejor resultado de las variables respuestas carga máxima de rotura y porcentaje de rotura por falla de madera fueron obtenidos con la combinación de factores con cocción (**cc**) y mayor gramaje (**A**); lo que refuta la hipótesis planteada. Para las combinaciones sin cocción (**sc**) y (**A**), **sc** y (**B**) y **sc** y (**C**) se puede concluir que presentan características estadísticas homogéneas. Los resultados menos deseados de la variable de respuesta fueron los que se obtuvieron con las combinaciones **cc** y (**B**) y **cc** y (**C**).

De la comparación de la calidad de uniones encoladas de tableros compensados logrados a partir de trozas sin vaporización se concluye que el mejor resultado de porcentaje de rotura por falla de madera con un 21% se consiguió aplicando el mayor gramaje (**A**), y el valor más bajo de la variable en cuestión con un 2,96 % se obtuvo con el menor gramaje (**C**).

Para el caso de la carga máxima de rotura, el valor máximo de 3 N/mm<sup>2</sup> se obtuvo aplicando el gramaje **C** y valor mínimo de 1,44 N/mm<sup>2</sup> se obtuvo con el gramaje **(B)**.

El 100% de las probetas ensayadas logradas con el mayor gramaje **(A)** y a las que se le aplico el pretratamiento 1 estuvieron dentro de la zona de aceptación según lo establece la Norma IRAM 9562. Las probetas logradas con el gramaje **(B)** y a las que se les aplico el pretratamiento 1 obtuvieron el menor porcentaje dentro de la zona de aceptación con un 56 %.

De la comparación de la calidad de uniones encoladas de tableros compensados logrados a partir de trozas con vaporización, se pudo observar que los mejores resultados para las variables carga máxima de rotura, porcentaje por falla de madera y porcentaje de datos dentro de la zona de aceptación con un 4,2 N/mm<sup>2</sup>, 72,7% y 100% respectivamente, se obtuvieron aplicando el mayor gramaje **(A)**.

Los valores más bajos de carga máxima de rotura con un 0,78 N/mm<sup>2</sup> y porcentaje de rotura por falla de madera con un 0,2 %, fueron obtenidos de las probetas encoladas con el gramaje **(C)**. Con respecto al porcentaje dentro de la zona de aceptación establecido por la Norma IRAM 9562, el valor mínimo de 33% se obtuvo aplicando el gramaje **(B)**.

### **Agradecimientos**

A la empresa Coama Sud América por permitirnos realizar el presente trabajo en sus instalaciones. Al alumno de la carrera Ing. en Industrias de la Madera, Martin E. Lell por ayudarnos en la elaboración de gráficos, lay-out, y soporte informático. A la alumna Adelaida Bragagnolo por la colaboración para realizar los pretratamientos y los ensayos de las probetas. A todos los docentes y no docentes que contribuyeron en nuestra formación profesional y a esta prestigiosa casa por darnos esta oportunidad.

## Bibliografía

- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES, (1977). Madera. Definiciones. Norma N° 9502. IRAM primera edición. Buenos Aires. Argentina. Pp 42
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES, (2006). Compensado de maderas: determinación de la calidad del encolado, Norma N° 9562. IRAM segunda edición. Buenos Aires. Argentina. pp 13
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALES, (2006). Tableros derivados de la madera. Muestreo e inspección. Parte 1: Muestreo, obtención de probetas y expresión de los resultados de ensayo. Norma N° 9703-1. IRAMedición 1. Buenos Aires. Argentina. pp15
- JOVANOVSKI, A.; JARAMILLO, LOGUERCIO, G. y ANTEQUERA, S. 2002; Densidad de la madera de *Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws) en tres localidades de Argentina. Bosque, Vol. 23 N° 2, 2002, pp. 57-67
- LATORRACA, J.V.F; 1994. "Aquecimento de madeiras"-Curso de Postgrado UFPR- Curitiba-Parana.
- LUTZ J.F 1.974. "Techniques for peeling, slicing and drying veneer". Forest Product Laboratory- Forest Service- U.S. Department of Agriculture.
- LUTZ J.F. 1960. Heating veneer bolts to improve quality of Douglas-fir plywood. Forest Products Laboratory and Forest Service U. S. Department of Agricultur. Wisconsin. E.E. U.U. Pp 23
- LUTZ J.F. 1974. Techniques for peeling, slicing and drying veneer. Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S.D.A. pp 64
- MAREK, M 2009. Laminado de maderas y producción de tableros compensados. Área de Tecnología e Industrias de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 60 p.
- MEDINA, J.C; 1986. Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de laminas por desenrolamento e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii* engelm..Ministério da educação e cultura universidade federal do Paraná. Ciências agrárias. Curitiba, Brasil. pp 113
- PICCOLI, Yamila y BECCALUVA, Daniel. Efecto de la cocción de trozas y de la aplicación de distintos gramajes de adhesivo en la calidad de uniones y resistencia al corte de tableros compensados producidos con *Pinus taeda*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 54 p.
- PIMENTEL GOMES, F. 1978. CURSO DE ESTADÍSTICA EXPERIMENTAL. Edición en español. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 323 pp.

**ESTUDIO ANALÍTICO DE PROCESOS DE SECADO CONVENCIONAL UTILIZADOS EN LA REGION DEL ALTO PARANA, MISIONES, Y SU RELACIÓN CON LAS EXIGENCIAS DE TRATAMIENTO TERMICO FAO NIMF 15**

**ANALYTICAL STUDY OF CONVENTIONAL KILN DRYING PROCESS APPLIED IN THE REGION OF ALTO PARANA, AND ITS RELATIONSHIP WITH HEAT TREATMENT REQUIREMENTS FAO STANDARD NIMF N° 15**

**Pesci, Rogelio<sup>1</sup>; Marek, M.<sup>2</sup>; Patzer, H.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Ingeniero Forestal – Profesional Independiente. e-mail. rpesci@gmail.com

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal - Docente orientador. Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Bertoni 124 – Eldorado – Misiones- mma- rek@facfor.unam.edu.ar - www.facfor.unam.edu.ar

<sup>4</sup> Ing. Electricista - Jefe Tratamientos Térmicos- Lipsia SA, Puerto Esperanza-Misiones-Argentina. hpatzer@lipsia.com.ar - www.lipsia.com.ar

**Resumen**

En este estudio se evaluaron 10 ciclos de secado convencional, datos cedidos por empresas que secan madera de *Pinus spp* (principalmente *P. taeda* L) de 1 pulgada de espesor nominal (28 a 31 mm real) demuestra que el secado de las cámaras estudiadas, engloba al tratamiento térmico exigido por SENASA y NIMF. Esto coincide con la bibliografía y trabajos específicos, que aclaran la situación planteada en nuestros objetivos, pero que no acompañan los análisis de datos que se han realizados, aspecto que sí considera este trabajo. Los parámetros de secado resultaron ser superiores a los requeridos en el tratamiento térmico para la esterilización de la madera acuerdo a las normas nacionales e internacionales. Se comprobó además ver que las empresas cuentan con un sistema de toma de datos y registro, y que incorporando un sistema de trazabilidad de la madera en el secado, se puede cumplir los requisitos del TT, para secados que superen los 71°C de Temperatura de bulbo seco, a diferentes valores de diferencia psicrométrica, o de Humedad de equilibrio de la madera.

**Palabras-clave:** Tratamiento térmico, NIMF 15, secado de la madera, *Pinus*, preservación de la madera

**Summary**

In this study 10 cycles of conventional wood drying, data from lumber companies that dried *Pinus spp* (especially Loblolly pine, *Pinus taeda* L ) 1 inch nominal thickness ( 28 to 31 actual mm thickness) were evaluated. The results demonstrate that studied conventional kiln drying cycles includes heat treatment required by SENASA and ISPM. This is consistent with the literature and specific publications that clarify the situation in our objectives, but don't shows data analyzes, something that was consider this work. The drying parameters were found to be higher than in the heat treatment required for sterilization timber according to national and international standards. It was found also see that lumber companies have a good system of data collection and recording, and incorporating a system of traceability of wood drying, can meet the requirements of TT, for dried exceeding 71 ° C of temperature bulb dry different psychrometric difference values , or the equilibrium moisture of the wood.

**Keywords:** heat treating, NIMF 15, kiln drying, Pinus, wood preservation

## Introducción

La madera en bruto (rough o sin cepillar) se utiliza con frecuencia para embalajes. Esta madera puede llegar a transmitir plagas y enfermedades, dado que al ser un elemento de acomodación logística, acompaña a la mercadería que soporta convirtiéndola en una vía para la introducción y dispersión. Luego de un incidente de una de propagación de *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer) Nickle et al. (el nematodo de la madera del pino), diversos países han adoptado medidas preventivas para detener o evitar su propagación (DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS, 2011).

Posteriormente el organismo internacional que regula los estándares de esterilización térmica de madera sólida para embalajes “*International Standard for Phytosanitary Measures*” (ISPM) establece parámetros para garantizar la efectividad de la esterilización, entre los que se describe un tratamiento térmico con un mínimo de 56°C (133°F) de temperatura y un tiempo mínimo luego de alcanzar esa temperatura de 30 min (FAO, 2009). Contemporáneamente, la FAO en el año 2002 reglamenta la “*Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias*” (NIMF) 15 sobre “Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional” y Argentina adhiere mediante la resolución 03/2005 de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), desarrollando la normativa para realizar el proceso de Tratamiento Térmico (TT) o con bromuro de metilo (BM) que son las opciones sugeridas por dicha norma. La FAO NIMF 15 actualizada en 2008 recomienda el remplazo de bromuro de metilo como tratamiento fitosanitario por el tratamiento térmico de la madera, siendo este inocuo para el medio ambiente (FAO, 2009).

El proceso de TT consiste en el calentamiento conforme a una curva tiempo/temperatura específica, del material para embalajes de madera y maderas de acomodación (SWPM), hasta que el centro de las piezas alcance una temperatura de 56° C y la mantenga durante un período mínimo de 30 minutos. El secado de la madera en hornos convencionales supera estos rangos de temperaturas/tiempos y como ya se ha demostrado, por lo tanto se considera como TT respaldado por la información que brindan los programas de secado (SIMPSON, W.; 2002, WANG, X; 2010). En el presente trabajo se pretende evaluar si una muestra de algunos ciclos de los secaderos de la zona Alto Paraná se encuadra dentro de las curvas tiempo/temperatura para considerar su aptitud de acuerdo a la norma NIMF N° 15.

Las exigencias que deben cumplir dichas cámaras es que sean térmicas, seguras, que tengan un controlador/registrador, con tres sensores como mínimo de medición de temperatura de la madera, con registro; con un sensor de temperatura para medición de temperatura del aire de la cámara y con un sistema de circulación forzada del aire (Atencia, 2001).

## Tratamiento Térmico (TT) versus Secado de la madera en cámara

El proceso de secado de la madera en cámaras convencionales, incluye, desde el punto de vista lógico, el proceso de tratamiento térmico (Heat treating). Para poder llevar a cabo este análisis, debemos partir del concepto básico, que es el siguiente: “*La evolución del calentamiento de la madera y el cumplimiento del TT se pueden comprobar a partir de la supervisión de los parámetros*” (CUNHA FERRE, 2009).

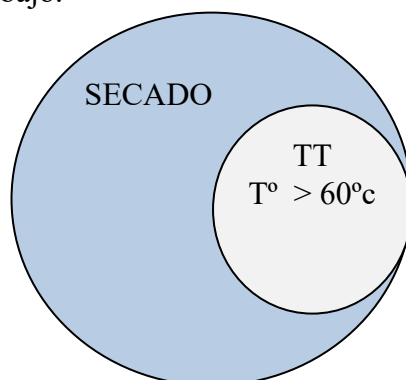
Las cámaras para realizar el procedimiento de TT son las mismas que se utilizan en nuestro país para el secado de la madera, siendo la diferencia el programa de proceso, parámetros de temperaturas y los tiempos totales. El programa de secado tradicional es mucho más extenso en tiempo total de proceso y rangos de temperaturas más altas que el TT.

En un trabajo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial que consistió en la observación de más de 80 cámaras en funcionamiento (ver Tabla N° 2), CUNHA FERRE (2010) determinó el siguiente cuadro comparativo de procesos.

**Tabla N° 2: Cuadro comparativo de secado de la madera con el Tratamiento térmico**  
**Table N° 2: Comparison table of kiln drying to heat treatment of wood**

	<b>Proceso de Secado</b>	<b>Tratamiento Térmico</b>
Objetivo:	Disminuir la Humedad	Aumentar la Temperatura
Duración:	Días	Horas
Variables de Control	Temperatura del Aire	Temperatura del Aire
	Humedad relativa del aire	Temperatura de la madera
	Velocidad del Aire	
	Contenido de humedad de la madera	
Temp. del Proceso	35°C a 90°C	70°C a 90°C

Del cuadro anterior (Tabla N° 2, Fig 1) se puede apreciar la superioridad del secado de madera por sobre el TT que buscamos demostrar numéricamente mediante curvas comparativas en el presente trabajo.



**Fig. 1: Un proceso de secado puede llegar a englobar un Tratamiento térmico TT**  
**Figure 1: A kiln drying process can include a Heat Treating process (HT)**

#### **Tiempos estimados necesarios para cumplir con proceso de Tratamiento Térmico**

SIMPSON, 2004, 2007 establece los tiempos estimados que el centro de la madera de Pinus spp (varias especies y rangos de densidades) alcanza 56°C, en un ambiente de un secadero que esta a 71°C. Dado que es un proceso de conducción de temperatura, este depende además del contenido de humedad ambiental de la cámara de secado. A mayor humedad, mayor transmisión térmica, y por lo tanto el tiempo que tarda en alcanzar el centro la temperatura de 56°C es menor. Es decir el tiempo necesario para el tratamiento aumenta a medida que aumenta la diferencia psicrométrica (SIMSON, 2002, 2003).

En la Tabla 3 se pueden ver los tiempos experimentales mínimos. Por una cuestión de seguridad, en la cuarta columna se ha agregado un 50 % del tiempo mínimo adicional, y los 30 minutos que debe mantenerse bajo estas condiciones la pieza de madera, para dar por aplicado el TT.



**Tabla 3: Tiempos experimentales de *Pinus spp* (Densidad aparente = 0,40 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>) en EEUU. Basado en Madera verde secada a una temperatura de 71° C. Espesor 1”**  
**Table 3: Experimental Times of *Pinus sp.* (s.g. at 12% M. C. = 0,40 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>), in the USA, Based on green lumber dried at a dry bulb of about 71° C, 1 inch thickness.**

Diferencia psicrométrica(DS)	Humedad de equilibrio	Tiempo de referencia	Tiempo minimo	Tiempo en min t+50%+30 m	Tiempo en hs t+50%+30 m
° C	UGL/EMC	min / horas	Minutos	Minutos	Horas
1.4	18,5 %	17 min	17 min	56 min	0:55
3.4	14,4 %	16 min	16 min	54 min	0:53
6.7	10,9 %	23 min	23 min	65 min	1:04
14.9	6,4 %	3,1 hs	186 min	309 min	5:08
26.4	3,5 %	7,1 hs	426 min	669 min	11:07

Nota: la publicación indica que en el orden del 99 % del intervalo de confianza relacionado al Tratamiento Térmico (Heat Treating 100% de las piezas a 56° C en el centro de la Madera, debería someterla a un rango de temperatura entre el 10% a 70% más que el promedio indicado en las tablas arriba. Dando los factores variables relacionados al tratamiento térmico, se sugiere un 50 % por encima del tiempo estimado, mas los 30 minutos de duración del tratamiento una vez que el centro de la pieza lleva a la temperatura del tratamiento

### **Posibilidad de evitar inversiones en un sistema controlador de Tratamiento Térmico**

Dado que el secado cumple ampliamente el requisito, se pueda llegar a evitar tener que instalar este sistema controlador. Esto es aceptado en EEUU, bajo un protocolo escrito e implementado en fábrica, que significa CERTIFICAR cada carga mediante los registros de secado, [básicamente la Temperatura de Bulbo Seco (TBS) y la temperatura de Bulbo Húmedo (TBH) que determina la diferencia psicrométrica (DS) que exige el programa].

Significa que la empresa debe llevar a cabo un disciplinado programa con trazabilidad, siendo otra empresa auditora acreditada por el Estado la responsable de revisar y aprobar la operación de la colección de los datos de TBS y tiene que revisar los registros archivados por la planta en sus visitas periódicas de auditoría.

La base argumental de esta oportunidad de evitar la adquisición del sistema colector de datos, se basa en los estudios llevados a cabo por el laboratorio de Productos Forestales de Estados Unidos, presentado por SIMPSON (2004, 2007)

Realizando una lectura detallada de los mismos, se puede ver que se refiere a un programa de secado con una temperatura bulbo seco de 71°C. Para una situación específica, plantearemos un ejemplo;

*Escuadría de 1” x 6” (pulgadas), con dimensiones actuales de 25 mm por 150 mm), con diferencia psicrométrica (DS; diferencia entre el bulbo seco y el bulbo húmedo) de 6,6 °C y menos, determina el tiempo estimado de tratamiento de 25 minutos para alcanzar la temperatura de 56°C en el centro de la tabla, iniciando el proceso con madera verde. Este tiempo estimado cambia rotundamente a mayores diferencias psicrométricas. Ejemplo: con una DS de 14.8° C, (corresponde aproximadamente a 56 °C del TBH), se requiere 3,1 horas (186 min) para que el centro alcance 56 °C, o 8 veces más tiempo. Con una depresión de 26.3 °C (de la temperatura del bulbo seco de 71 °C), se requería 7.1 horas (426 min) para alcanzar la temperatura de 56 °C, o 18.5 veces más tiempo.*

Entonces, para poder ser considerado por participación en el programa de aplicar el timbre TT (HT, *High Treating* en ingles) bajo la supervisión de una agencia acreditada por el ALSC y Estado de EEUU, una planta con cámara no-convencional tiene que considerar uno de las siguientes opciones de inversión:

3. Instalar termómetros (TBS y TBH), o usar los instrumentos que ya utiliza el controlador del secado como colector de datos. Siempre y cuando la cámara pueda alcanzar y mantener TBS superiores de 71° C o más y TBH 60° C o más; o
4. Instalar sensores de temperatura tipo RDT (sondas insertadas en la madera – con el punto de medición insertado en el centro de las piezas representativas y un medidor automático de temperatura y tiempo, la cual pueda generar registros de dichos datos. Eso considerando los aspectos arriba mencionados, carecería de sentido técnico en una planta donde se seca la madera al 12-14%.

El criterio de aceptación básico es que si la cámara efectivamente alcanza TBS de 71° C o más y TBH de 60° C o más, se acepta usar los instrumentos del controlador de secado ya existentes.

Si esto no es posible, se debe invertir en la instalación de termocuplas o PT100 en el aire, y también en el en el centro de piezas ejemplares de cada carga. (PESCI, 2014)

El costo para instalar este sistema en cada cámara, ronda los \$ 15.000 (US\$ 2.419), según datos dado por las empresas que recientemente lo han adquirido (GRUBER, 2013).

## **Materiales y métodos**

### **Descripción general**

Se trabajó con información que brindaron empresas madereras. Todos los secaderos relevados son del tipo convencional, es decir a una temperatura máxima de 80°C de TBS y velocidad del aire inferior a 4 m/s. Los datos evaluados corresponden a procesos de secado de madera de *Pinus spp* (mayormente *P. taeda*) de espesor nominal 1” (28 a 31 mm).

Estos equipos poseen los controladores de secado que realizan la captura de datos en forma periódica, que constituye la base de control de los equipos, y en nuestro caso, la base de datos a ser analizada.

De todos los valores que registra el controlador, para este caso se ha tomado las siguientes

- Unidad de tiempo: momentos u horarios de la toma de tiempos- tanto periodicidad de registro, como tiempo total (que se obtiene por diferencias de datos) [en minutos, Horas]
- Temperatura de bulbo seco (TBS, en °C);
- Temperatura de bulbo (TBH, en °C) Como valores adicionales, de orden meramente descriptivos, velocidad interna del viento dentro de la cámara de secado, tipo de especies, dimensiones, etc.

Las empresas que gentilmente han cedido los datos provienen de diferentes ciudades, y se detallan a continuación.

**Tabla 4: Empresas proveedoras de datos de ciclos de secado en cámaras**  
**Table 4: Lumber companies suppliers of data of kiln drying process**

	Ciudad, Empresa	Especie	Espesor	Marca cámara de secado	Marca controlador de secado
1	Telêmaco Borba, Brasil PARA-NA FOREST	<i>Pinus taeda</i>	15+15 mm (dos tablas de 15 mm)	Secamaq	Marrari Ecopower
2	Canoinhas, Brasil ENERGIA	<i>Pinus taeda</i>	15+15 mm (dos tablas de 15 mm)	Metalúrgica Leogap	Gann Hydromette TK 301
3	Puerto Esperanza, Misiones, Argentina LIPSIA AS	<i>Pinus taeda</i> <i>Pino híbrido</i>	28 mm (1")	Götttert	Lignomat
4	Puerto Esperanza, Misiones, Argentina PINDO SA	<i>Pinus taeda</i> <i>Pino híbrido</i>	28 mm (1")	Götttert	Lignomat
5	Santiago de Liniers, Misiones, Argentina.DON GUILLERMO	<i>Pinus taeda</i>	28 mm (1")	Götttert	Gann Hydromette TK 301
6	San Jose, Misiones, Argentina. PUERTA DE MISIONES	<i>Pinus taeda</i> <i>Pino elliottii</i>	28 mm (1")	Benecke	Marrari VR500
7	Azara, Misiones, Argentina AZARA	<i>Pinus taeda</i>	28 mm (1")	Götttert	Gann Hydromette TK 301
8	Concepción de la Sierra, Misiones, Argentina FYGSA	<i>Pinus taeda</i>	28 mm (1")	Götttert	Lignomat

### Relación Diferencia Psicrométrica/Humedad de Equilibrio de la madera

Dado que los estudios de referencia (SIMPSON, 2002) se han realizado con Psicrómetro (Termómetro de Bulbo Seco y Termómetro de Bulbo Húmedo), fue necesario convertir los valores de Humedad de Equilibrio de la Madera (UGL o EMC) a valores de diferencia psicrométrica, para poder usarlo en planilla de cálculo.

**Tabla 5: Humedad relativa del aire y humedad de la madera en función de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo (BRAMHALL, & WELLWOOD, 1976)**  
**Table 5: Relative humidity and equilibrium Moisture content of lumber accord dry bulb thermometer and wet bulb thermometer (Bramhall, G. & Wellwood, R. W. 1976)**

		Temperatura de Bulbo seco (°C) – Temperatura de secado										
		35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
		Valores de Humedad de Equilibrio (EMC Values)										
Diferencia psicrométrica (Wet bulb depression (°C))	25			1,6	2,5	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9
	20	2	3	3,5	4,2	4,6	4,7	4,8	4,9	5	4,8	4,7
	18	3	3,9	4,3	4,7	5,2	5,3	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3
	16	4	4,9	5,3	5,7	5,8	5,9	6	6	6	5,9	5,8
	14	5,4	5,9	6,2	6,5	6,7	6,7	6,7	6,6	6,6	6,5	6,4
	12	6,5	7	7,2	7,5	7,7	7,7	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2
	10	7,8	8,2	8,4	8,6	8,7	8,6	8,5	8,4	8,3	8,2	8
	9	8,5	8,9	9,1	9,3	9,3	9,2	9,1	9	8,8	8,7	8,5
	8	9,3	9,6	9,7	9,8	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,2
	7	10,2	10,4	10,4	10,7	10,7	10,6	10,5	10,4	10,2	9,9	9,8
	6	11,2	11,4	11,5	11,6	11,5	11,4	11,3	11,1	10,8	10,7	10,5
	5	12,2	12,4	12,6	12,7	12,6	12,5	12,4	12,2	11,8	11,7	11,4
	4	13,6	13,8	13,9	13,9	13,8	13,7	13,6	13,4	13,1	12,8	12,6
	3	15,3	15,7	15,7	15,5	15,4	15,3	15	14,8	14,5	14,3	14
	2,5	16,7	16,9	16,8	16,6	16,4	16,3	16,1	15,8	15,5	15,3	14,9
	2	18	18	18	17,8	17,6	17,4	17,1	16,8	16,5	16	16
1,8	18,6	18,7	18,7	18,5	18,3	18	17,6	17,3	17	16,3	16,4	
1,6	19,3	19,4	19,4	19,2	19	18,7	18,3	18	17,7	17,3	17	
1,4	19,9	20	20	19,8	19,6	19,3	19	18,6	18,3	17,9	17,6	
1,2	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	19,8	19,4	19	18,7	18,3	

Para ello se tomaron valores de la tablas 5 publicadas por diferentes autores (PEZO, 2007,) y mediante Regresión Múltiple con el programa InfoStat (DI RIENZO *et al*, 2012) se logró la siguiente ecuación, con un  $R^2= 0,9969853$ .

$$UGL= 32,6588-16,146*(DS/TBS)-4,4739*LN(DS)-2,896*LN(TBS)+0,006*DS^2$$

Donde

UGL: Humedad de Equilibrio

DS: Diferencia psicrométrica (TBS-TBH)

TBS: Temperatura Bulbo Seco

TBH: Temperatura de Bulbo Húmedo.

### Análisis de datos

Teniendo en cuenta la Tabla 5, se realizó un análisis cuantitativo de los procesos de secado, mediante fórmulas lógicas de la planilla se cálculo.

El procedimiento fue el siguiente:

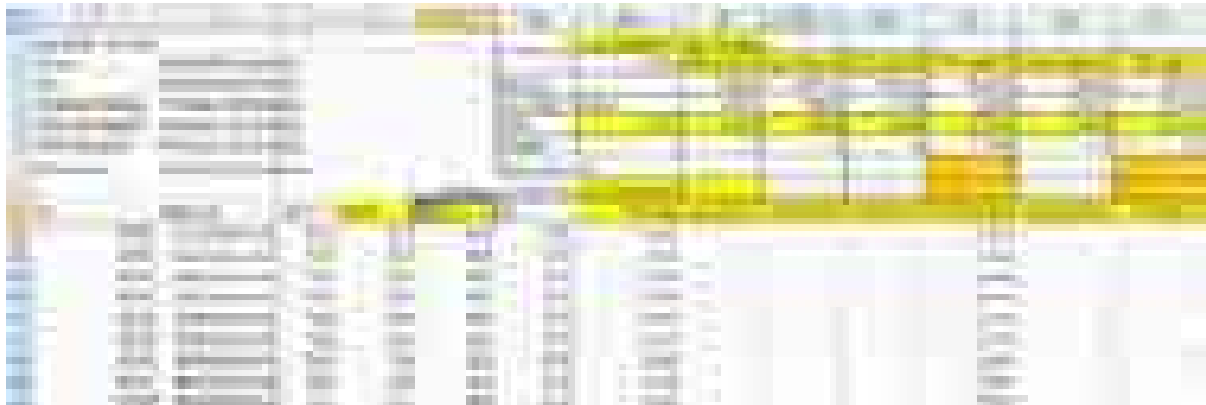
- f) Se aplica el filtro a la variable Temperatura de Bulbo seco (TBS), para analizar los valores que se encuentran únicamente por encima de 71°C (así se excluyen los tiempos de calentamiento, y enfriado del ciclo de secado). (ver en la imagen, la columna X).
- g) Se cuantificó el tiempo entre cada medición del controlador, restando el tiempo medido menos el anterior. De esto surge una unidad de tiempo, que es 1 minuto para Marrari, y 5 para Lignomat, (ver en la Fig.7, corresponde a la columna BW que es una captura de la planilla de cálculo elaborada).
- h) Se obtiene el valor de la diferencia psicrométrica (DS), mediante la diferencia de TBS-TBH (Temperatura de Bulbo húmedo). (ver en la imagen, la columna BV).
- i) Según lo recomendado por Simpson, 2002 y Wang, 2010; se fijan los tiempos mínimos estimados de tratamiento para cumplir los requisitos TT, según la variable independiente DS establecida por la tabla X. Por ejemplo se puede ver el valor de la celda BX3, que es 0,28 hs (17 min), BY3 de 0,27 hs (16 min), BZ3. de 0,38 hs (23 min), celda CA3 de 3,1 hs (186 min), celda CB3 de 7,1 hs (426 min) y celda CC3 de 9,67 hs (580 min).
- j) Según lo recomendado por Simpson, 2002 y Wang, 2010; se aplica el margen de seguridad del 50 % del tiempo, mas los 30 minutos de duración del TT en el centro de la pieza. Son los valores que se ven en la 5° columna de la Tabla X, o los valores de la imagen: Valor de la celda BX4, que es 0,90 hs (56 min), BY4 de 0,90 hs (54 min), BZ4. de 1,1 hs (65 min), celda CA4 de 5,2 hs (309 min), celda CB3 de 11,2 hs (669 min) y celda CC3 de 15,0 hs (900 min). Estos valores pasan a ser los “Tiempos Mínimos Estimados” que debe cumplir el TT para cada situación atmosférica en particular (TBS >71°C y diferentes valores de DS como ya se indicó).

**Tabla 6: Tiempos experimentales de *Pinus spp.* (Densidad aparente = 0,40 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>) en EEUU). Basado en Madera verde secada a una temperatura de 71° C. Espesor 1”**

**Table 5: Experimental Times of *Pinus sp.* (s.g. at 12% M. C. = 0.40 a 0.42 g/cm<sup>3</sup>), in the USA, Based on green lumber dried at a dry bulb of about 71° C, 1 inch thickness.**

Diferencia psicrométrica ° C	Humedad de Equilibrio %	Tiempo publicación min / horas	Tiempo en minutos	Tiempo en min mas 50 % del tiempo y mas 30 minutos	Tiempo en hs t+50%+30 m
1,4	18,5 %	17 min	17 min	56 min	0:55
3,4	14,4 %	16 min	16 min	54 min	0:53
6,7	10,9 %	23 min	23 min	65 min	1:04
14,9	6,4 %	3,1 hs	186 min	309 min	5:08
26,4	3,5 %	7,1 hs	426 min	669 min	11:07

- d) Posteriormente, mediante fórmulas lógicas anidadas se imputa cada unidad de tiempo (1 minuto) a cada situación de DS, indicado por la primera columna de la Tabla X, y en cada sección se obtiene la sumatoria de los tiempos imputados.
- e) Ejemplo de fórmula lógica del lenguaje de la planilla de cálculo: ***SI(BV10<\$BX\$9;"-";SI(BV10<=\$BY\$9; BW10;"-"))*** y cargado con valores para simplificar su comprensión, tenemos: ***SI(DS<3,4%;"-";SI(DS<=1,4%; 1 min;"-"))*** (Ver Fig. 7)
- f) En este caso ejemplar, podemos ver que al analizar todo el ciclo de secado, la atmósfera del secadero permanece 22,2 hs con TBS mayor que 71°C y una DS entre 6,7 y 14,9°C, superando el tiempo mínimo estimado de 5,2 hs. En el mismo ciclo, en las etapas finales del secado que la atmósfera del secadero permanece 17,1 hs con TBS mayor que 71°C y una DS entre mayor que 26°C, superando el tiempo mínimo estimado de 15 hs. Es decir si analizamos en conjunto todo el ciclo, supera 5 veces las exigencias de TT.



**Fig.7. Planilla de cálculo con los análisis de datos del Ciclo de Secado N° 22, de la Cámara 2:**  
**Fig.7. Spreadsheet with a kiln cycle analyzed. Cycle N° 22, Kiln dryer N°2:**

Para referirnos a la superioridad del proceso de secado por sobre las exigencias del programa a cumplir para certificar madera con TT, es fundamental el seguimiento de las curvas de temperatura/tiempo y así numéricamente poder sustentar con base técnica sólida las hipótesis planteadas. Se debe tener información con respecto a la escuadría, la especie y temperatura de exposición. Las curvas de calentamiento están determinadas por la relación entre la HEH y el % CH de la madera. Las fases de dichas curvas, serán dependientes y variarán con la temperatura de exposición y la especie de madera.

## Resultados

En la Tabla 7 se pueden ver los resultados obtenidos mediante el procesamiento indicado anteriormente (8.3. Análisis de datos). Se aprecia en todos los casos, que los valores superan ampliamente los tiempos mínimos exigidos por la bibliografía, para casos donde el secado se produce por encima de 71°C de temperatura de termómetro de bulbo seco, y a diferentes valores de diferencia psicrométrica (en la Tabla 7 se puede ver que los valores en Azul subrayados superan a los valores de la 4 fila, en rojo).

Esto significa que los procesos de secado superan, en mayor o menor medida, las exigencias del TT que establece la publicación de SIMPSON W.(2002) para madera de *Pinus spp.* de 1" (20-31 mm) que es el estudio que hemos enfocado.

**Tabla 7: Resultados de los análisis de los ciclos de secado, para valores de TBS superiores a 71°C y diferentes valores de DS, con los tiempos mínimos estimados para cumplir los requisitos de TT**  
**Table 7: Results of the analysis of the drying cycles, to values above 71° C DBT and various WBD values, the minimum time estimates to satisfy HT requirements**

Em- presa	Humedad de equi- libro de la madera en el ambiente del secadero	Encabe- zados	Tiempo de ciclo por encima de 71°C y en cada subrango de diferencia psicrométrica						Supera Trat. Térmico
			DS 0 a 1,4 °C	1,4° a 3,4 °C	3,4° a 6,7 °C	6,7° a 14,9 °C	14,9° a 26,4 °C	>26,4 °C	
			Mínimo	0,28 hs	0,27 hs	0,38 hs	3,10 hs	7,10 hs	
		Margen*	<b>0,9 hs</b>	<b>0,9 hs</b>	<b>1,1 hs</b>	<b>5,2 hs</b>	<b>11,2 hs</b>	<b>15,0 hs</b>	
1	14,0%		0,0	0,0	0,0	<u>17,1</u>	0,0	2,1	<u>SI</u>
2	13%		<u>3,1</u>	0,0	<u>32,0</u>	<u>27,0</u>	12,2	6,7	<u>SI</u>
3	10,0%		<u>3,4</u>	<u>4,3</u>	<u>6,2</u>	0,5	0,0	0,0	<u>SI</u>
4	14,0%		0,0	0,0	0,0	<u>22,0</u>	0,0	8,0	<u>SI</u>
5	14,0%		0,0	0,0	<u>12,2</u>	<u>16</u>	11,2	3,2	<u>SI</u>
6	10,0%		0,0	0,0	0,1	<u>7,3</u>	<u>17,2</u>	0,0	<u>SI</u>
7	10,0%		0,0	0,0	0,1	<u>6,2</u>	<u>18,1</u>	0,0	<u>SI</u>
8	10,0%		0,0	0,0	0,6	2,2	<u>20,5</u>	0,0	<u>SI</u>
9	13%		0,0	0,0	0,0	1,7	<u>29,4</u>	0,0	<u>SI</u>
10	13%		0,0	0,0	0,0	1,7	<u>29,4</u>	0,0	<u>SI</u>

\* Se calcula factor de seguridad del 50 % del tiempo, más los 30 min que debe durar el TT

## Discusión

Luego del análisis de distintos programas de secado, este estudio demostró que el secado en cámaras convencionales analizadas, engloba al tratamiento térmico exigido por SENASA y NIMF 15, debido a que los rangos de temperaturas y tiempos utilizados en los procesos de secado convencionales de la zona, son ampliamente superiores a los requeridos en el cumplimiento de parámetros térmicos para garantizar la esterilización de la madera para embalajes de acuerdo a las normas nacionales e internacionales citadas.

El equivalente entre las variables TBS, DS y UGL, logrado mediante la regresión múltiple, permite convertir fácilmente los valores, y evaluar datos de controladores que no trabajan con psicrómetros, sino con sensores de UGL.

Al ampliarse esta posibilidad de analizar datos de distintos secaderos, pudimos seleccionar algunas de ellas que trabajan con controladores-registradores s muy confiables, de las variables mencionadas. Al exportar estos datos a planilla de cálculo, fueron analizados y graficados, a fin de ,de obtener resultados (Tabla 6).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por CUNHA FERRE (2010), este enfoque de análisis numérico de los reportes de los controladores de secado constituye un elemento más para poder presentar a discusión con los organismos estatales de aplicación que rigen el Tratamiento térmico en la República Argentina.

## **Conclusiones**

El estudio demostró que el ciclo de secado de las cámaras convencionales evaluadas, cumplen las exigencias del tratamiento térmico exigido por SENASA y NIMF. Los parámetros son ampliamente superiores a los requeridos en el cumplimiento de parámetros térmicos para garantizar la esterilización de la madera para embalajes de acuerdo a las normas nacionales e internacionales citadas; por lo que el objetivo principal planteado ha sido cumplido.

Se pudo observar que las empresas poseen equipos con sistemas informáticos de toma de datos, y grabado en discos rígidos, e impresiones sistemáticamente guardadas. Estos datos permiten, basados en un sistema de trazabilidad de la madera en el secado, alcanzar los requisitos o estándares del TT, para secados que superen los 71°C de TBS.

Demostrado el objetivo anterior, esto brinda la oportunidad de poder presentar estos resultados ampliados al organismo contralor de Tratamiento Térmico (SENASA), y partir de allí, implementar los registros de TBS y TBH tomados por el controlador, como validos en contraste a los equipos específicos sugeridos por la Resolución 3/05 de la SAGPyA

Se recomienda ampliar la base de datos bajo estudio, lo que considerando que ya esta elaborado el protocolo de análisis, sería muy sencillo de hacerlo si se cuentan con la base de datos de los ciclos de secado de diferentes empresas. Esto permitiría sustentar el estudio con una mayor cantidad de secaderos y ciclos de diferentes fabricación, tipos, etc.

Si bien esto supera el alcance del presente trabajo, las exigencias también consideran la tarea de resguardar la madera seca (y tratada térmicamente), a fin de evitar su contaminación (proximidad o contacto con madera húmeda o en condiciones de intemperie).

## **Agradecimientos**

A las empresas que cedieron los datos para su procesamiento: Aserradero Puerta de Misiones SRL, Parana Forest Products, Aserradero Linor SRL, Forestal y Ganadera Indumarca SA, Pindó SA, Lipsia SA, por la confianza e interés manifiesto en este trabajo.

Un especial agradecimiento al jefe de Tratamientos Térmicos de LIPSIA SA, Sr. Hugo R. Patzer, y al operador de Secado de PINDO SA, Sr. Hugo Acosta, por su predisposición a explicar todo lo referente a tratamientos térmicos actualizados a los requisitos de SENASA, y por disponer de los datos, pese que en algunos casos, costó exportarlos.

Al novel Ingeniero Forestal Eduardo Hildt, por la ayuda en los ajustes de regresión múltiple.

A todos los profesores que contribuyeron en nuestra formación profesional y a esta prestigiosa casa por darnos esta oportunidad como el Ing. Rubén Costas con quien a través de este trabajo cumpla con mi compromiso de finalizar mis estudios y devolver de esta manera su apoyo como Secretario Académico de la FCF.

## **Bibliografía**

- ATENCIA, M. E. 2001. "Manual de Secado de Madera", RITIM, GTZ, 2001
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS, 2011. CIRCULAR N° 1 - Recomendaciones para efectuar la correcta aplicación de los tratamientos térmicos a la madera, productos derivados de la madera y embalajes de madera- España
- GRUBER, Cristian. 2013. Establecimiento Don Guillermo SRL, Comunicación verbal.
- PESCI, 2014. Estudio analítico de procesos de secado utilizados en la región NEA argentina, y su comparación con el tratamiento térmico según norma FAO NIMF 15 - integradora II - Facultad de Ciencias Forestales- Universidad Nacional de Misiones
- CUNHA FERRÉ, A., 2004. "Requerimientos fitosanitarios requeridos para los embalajes utilizados en el comercio internacional", XIX Jornadas forestales de Entre Ríos
- FAO, 2009, Normas internacionales para medidas fitosanitarias; Secretaría de la convención internacional de protección fitosanitaria,
- SENASA: Normativa (julio-2013); Resolución SAGPyA N°424/2003, Resoluc SAGPyA N° 03/2005; Resol SENASA N°199/2013.
- SIMPSON, W.; 2002. Effect of wet bulb depression on heat sterilization time of slash pine lumber. Res. Pap. FPL-RP-604. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 6 p
- SIMPSON, W.; WANG, X; VERRILL, S.. 2003. Heat sterilization time of ponderosa pine and Douglas-fir boards and square timbers. Res. Pap. FPL-RP-607. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 24 p.
- WANG, X; 2010. Heat Sterilization of Wood. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 14 p



Anexo 1:

**Tabla 01 — Humedad relativa del aire y humedad de la madera en función de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo (Bramhall, G. & Wellwood, R. W. 1976)**

Temperatura bulbo seco (0°C)	Diferencia psicrométrica o Diferencia entre las temperaturas de los termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo (°C) [Wet bulb depression]																													
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
0	91	82	73	64	58	47	39	31	22	14																				
5	20.5	17.0	14.3	12.2	10.5	9.0	7.6	6.3	4.9	3.5																				
10	93	88	79	72	65	58	51	45	38	32	19	6																		
15	21.6	18.4	15.9	14.0	12.3	10.9	9.7	8.5	7.5	6.5	4.4	1.9																		
20	94	88	82	78	71	65	60	54	49	44	33	23	14	4																
25	22.4	19.5	17.2	15.3	13.7	12.4	11.2	10.2	9.3	8.4	6.8	5.2	3.5	1.3																
30	95	90	85	80	75	70	66	61	57	52	44	35	27	19	12	4														
35	23.0	20.3	18.1	16.3	14.8	13.6	12.4	11.5	10.6	9.8	8.3	7.0	5.8	4.5	3.0	1.3														
40	96	91	87	83	78	74	70	68	62	59	51	44	37	30	24	17	11	5												
45	23.4	20.9	18.8	17.1	15.7	14.4	13.4	12.4	11.5	10.8	9.4	8.2	7.2	6.2	5.2	4.1	2.9	1.6												
50	96	92	88	84	81	77	74	70	67	63	57	50	44	38	33	27	22	15	11	7										
55	23.6	21.2	19.3	17.7	16.3	15.1	14.0	13.1	12.3	11.5	10.2	9.1	8.1	7.2	6.4	5.6	4.8	3.9	3.0	1.9										
60	98	93	89	88	83	79	78	83	70	67	61	55	50	44	39	34	29	25	16	12	12	8								
65	23.7	21.5	19.6	18.0	16.7	15.5	14.5	13.6	12.8	12.1	10.8	9.7	8.8	8.0	7.2	6.5	5.8	5.2	4.5	3.8	3.0	2.2	1.3							
70	97	93	90	87	84	81	78	75	72	69	64	59	54	49	44	40	36	31	27	23	20	16	12	9	6					
75	23.7	21.5	19.8	18.2	16.9	15.8	14.8	13.9	13.1	12.5	11.2	10.2	9.3	8.5	7.8	7.1	6.5	5.9	5.4	4.8	4.3	3.7	3.1	2.4	1.7	4				
80	97	94	91	88	85	82	80	77	74	72	67	62	57	53	48	44	40	36	32	29	28	22	19	16	13	5	2			
85	23.6	21.5	19.8	18.3	17.1	16.0	15.0	14.1	13.4	12.7	11.5	10.5	9.6	8.8	8.1	7.5	7.0	6.4	5.9	5.5	5.0	4.5	4.1	3.6	3.1	2.0	0.7			
90	97	94	91	89	86	83	81	78	76	73	69	64	60	56	52	48	44	40	37	34	30	27	24	22	19	14	9	4		
95	23.4	21.4	19.7	18.3	19.1	16.0	15.1	14.2	13.5	12.8	11.6	10.6	9.8	9.0	8.4	7.8	7.3	6.8	6.3	5.9	5.5	5.1	4.7	4.3	3.9	3.1	2.2	1.2		
100	97	95	92	89	87	84	82	80	77	75	71	68	62	58	54	51	47	44	40	37	34	31	29	26	23	18	14	10	8	2
105	23.1	21.2	19.6	18.2	17.0	16.0	15.0	14.2	13.5	12.8	11.7	10.7	9.9	9.2	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.1	5.8	5.4	5.0	4.7	4.4	3.7	3.0	2.3	1.5	0.6
110	97	95	92	90	88	85	83	81	78	76	72	68	64	60	57	53	50	47	43	40	38	35	32	30	27	22	18	14	18	7
115	22.8	20.9	19.4	18.0	16.9	15.8	15.0	14.2	13.4	12.8	11.7	10.7	9.9	9.2	8.6	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	5.9	5.8	5.2	5.0	4.7	4.1	3.5	2.9	2.3	1.7
120	98	95	93	90	88	86	84	82	79	77	73	69	66	62	59	55	52	49	48	43	40	38	35	33	30	26	22	18	14	11
125	22.4	20.6	19.1	17.8	16.7	15.7	14.8	14.0	13.3	12.7	11.6	10.7	9.9	9.2	8.6	8.1	7.6	7.0	6.7	6.4	6.0	5.7	5.4	5.1	4.8	4.3	3.8	3.3	2.8	2.3
130	98	95	93	91	89	87	84	82	80	78	74	71	67	64	60	57	54	51	48	45	42	40	38	35	33	29	25	21	17	14
135	22.0	20.3	18.8	17.5	16.4	15.5	14.6	13.9	13.2	12.6	11.5	10.6	9.8	9.1	8.5	8.0	7.6	7.1	6.8	6.4	6.1	5.8	5.5	5.2	4.9	4.4	4.0	3.5	3.1	2.7
140	98	98	83	91	89	87	85	83	81	79	75	72	68	65	62	59	58	53	50	47	45	42	40	37	35	31	27	23	20	17
145	21.6	19.9	18.5	17.2	16.2	15.2	14.4	13.6	13.0	12.4	11.3	10.4	9.7	9.0	8.5	8.0	7.5	7.1	6.7	6.4	6.1	5.8	5.5	5.2	5.0	4.5	4.1	3.7	3.3	2.9
150	98	96	94	92	90	88	85	84	82	80	76	73	70	68	63	60	57	54	52	49	47	44	42	39	37	33	29	26	22	19
155	21.1	19.5	18.1	16.9	15.9	15.0	14.1	13.4	12.9	12.2	11.1	10.3	9.5	8.9	8.4	7.9	7.4	7.0	6.6	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.5	4.1	3.8	3.4	3.1
160	98	96	94	92	90	88	86	84	82	82	77	74	71	67	64	61	59	58	53	51	48	46	44	41	39	35	31	28	25	22
165	20.6	19.1	17.7	16.6	15.5	14.7	13.9	13.2	12.5	11.9	10.9	10.1	9.4	8.8	8.2	7.7	7.3	6.9	6.6	6.2	5.9	5.7	5.4	5.2	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5	3.1
170	98	96	94	92	90	88	87	85	83	81	78	75	72	68	65	63	60	57	55	52	50	47	45	43	41	37	33	30	27	24
175	20.1	18.6	17.3	16.2	15.2	14.3	13.6	12.9	12.3	11.7	10.7	9.9	9.2	8.6	8.1	7.6	7.2	6.8	6.4	6.1	5.8	5.6	5.3	5.1	4.9	4.5	4.1	3.8	3.5	3.2
180	98	96	94	92	91	89	87	85	84	82	79	76	72	69	67	64	61	59	58	54	51	49	47	45	43	39	35	32	28	25
185	19.6	18.1	16.9	15.8	14.8	14.0	13.3	12.6	12.0	11.4	10.5	9.7	9.0	8.4	7.9	7.4	7.0	6.7	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.4	4.1	3.7	3.4	3.2
190	98	96	94	93	91	89	89	86	84	83	79	78	73	70	68	65	62	60	57	55	53	50	48	46	44	40	37	33	30	27
195	19.1	17.7	16.4	15.4	14.5	13.7	12.9	12.3	11.7	11.2	10.3	9.5	8.8	8.2	7.7	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.4	5.1	4.9	4.7	4.3	4.0	3.7	3.4	3.1
200	98	96	95	93	91	90	88	86	85	83	80	77	74	71	69	68	63	61	58	56	54	52	49	47	45	42	38	35	32	29
205	18.5	17.2	16.0	15.0	14.1	13.3	12.6	12.0	11.4	10.9	10.0	9.2	8.6	8.0	7.5	7.1	6.7	6.3	6.0	5.7	5.5	5.2	5.0	4.8	4.6	4.3	3.9	3.6	3.3	3.0
210	98	97	95	93	92	90	88	87	84	84	81	78	75	72	69	67	64	62	60	57	55	53	51	49	47	43	39	36	33	30
215	18.0	16.7	15.5	14.6	13.7	12.9	12.3	11.7	11.1	10.6	9.7	9.0	8.4	7.8	7.3	6.9	6.5	6.2	5.9	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.5	4.1	3.8	3.5	3.3	3.0
220	98	97	95	93	92	90	89	87	86	84	81	78	76	73	70	68	65	63	61	58	56	54	52	50	48	44	41	38	34	32
225	17.4	16.2	15.1	14.1	13.3	12.6	11.9	11.3	10.8	10.3	9.5	8.7	8.1	7.6	7.1	6.7	6.3	6.0	5.7	5.4	5.2	4.9	4.7	4.5	4.3	4.0	3.7	3.4	3.2	3.0
230	98	97	95	94	92	90	89	87	86	85	82	79	76	74	71	69	66	64	62	59	57	55	53	51	49	48	42	38	34	33
235	16.8	15.6	14.6	13.7	12.9	12.2	11.6	11.0	10.5	10.0	9.2	8.0	7.9	7.4	6.9	6.5	6.2	5.8	5.5	5.3	5.0	4.8	4.6	4.4	4.2	3.9	3.6	3.3	3.1	2.9

**Ecuación para convertir TBS/DS a HEq:** (Convert Dry bulb Temperatura/Wet bulb depression):  $32,6588-16,146*(DS/TBS)-4,4739*LN(DS)-2,896*LN(TBS)+0,006*DS^2$  - Ing. Marek, Marcelo.

Anexo 3: Ejemplo de curva de secado utilizada para el proceso de Secado de la empresa de Telemaco Borba



Anexo 4: Ejemplo de Ciclo de secado analizado.

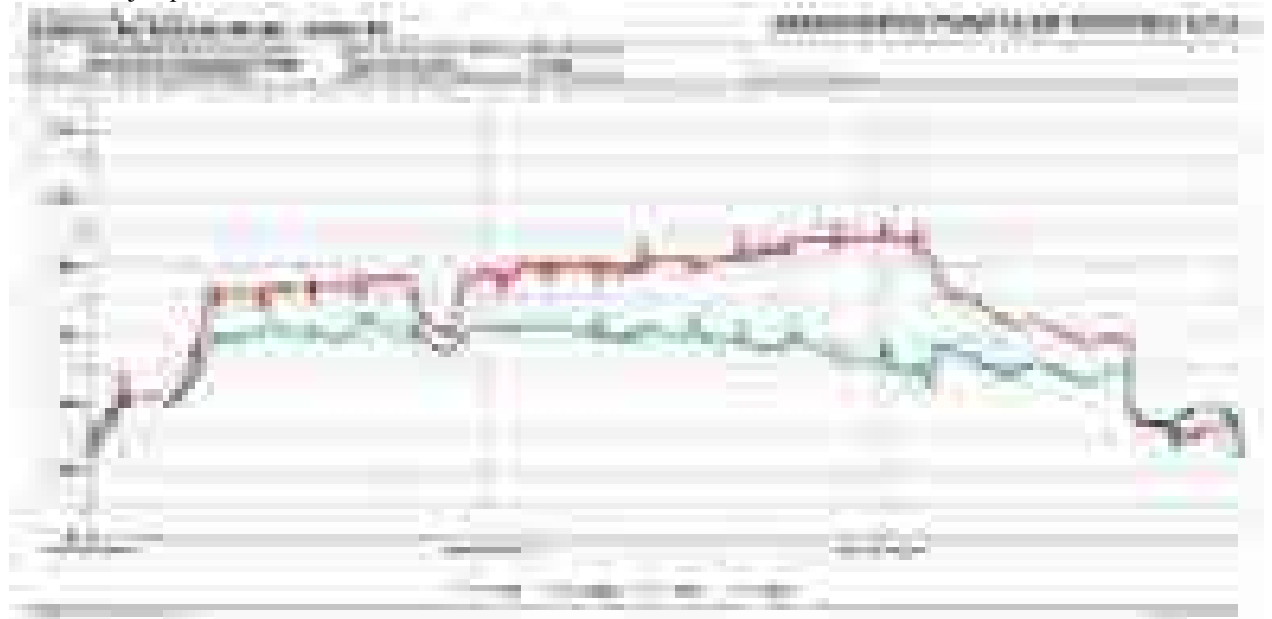
Estufa 02 - Ciclo 22

Inicio: 09/03/2013 (sab) 07:17  
 Fim: 12/03/2013 (ter) 12:52  
 Duracion secado: 77 horas e 35 minutos  
 Liquido Secagem: 73 horas e 32 minutos  
 Total Secagem: 77 horas e 34 minutos  
 Entre Ciclos: 28 horas e 20 minutos

	a) Tiempo $t$	b) Tiempo					
	> 71°C	DS 0 a 1,4 °C	1,4° a 3,4 °C	3,4° a 6,7 °C	6,7° a 14,9 °C	14,9° a 26,4 °C	DS >26,4 °C
Minimo		0,28 hs	0,27 hs	0,38 hs	3,10 hs	7,10 hs	9,67 hs
Plus 50 % + 30 min		0,9 hs	0,9 hs	1,1 hs	5,2 hs	11,2 hs	15,0 hs
Total	47 hs	0,0 hs	0,0 hs	0,0 hs	22,2 hs	7,3 hs	17,1 hs
Margen		0	0	0	17,0	0	2,1
Factor Decision		-	-	-	supera	-	supera
Tiempo que esta por encima de 71°C					4 veces		1 veces

ID	Data-Hora	TBS-1	TBS-R	TBU-R	DS	Minutos	DS 0 a 1,4 °C	1,4° a 3,4 °C	3,4° a 6,7 °C	6,7° a 14,9 °C	14,9° a 26,4 °C	DS >26,4 °C
83752	09/03/2013 14:36	71,1	71,1	60,1	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83753	09/03/2013 14:37	71,3	71,3	60,2	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83754	09/03/2013 14:38	71,9	71,9	60,2	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83755	09/03/2013 14:39	71,6	71,6	60,3	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83756	09/03/2013 14:40	71,8	71,8	60,4	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83757	09/03/2013 14:41	71,7	71,7	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83758	09/03/2013 14:42	71,9	71,9	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83759	09/03/2013 14:43	71,9	71,9	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83760	09/03/2013 14:44	71,9	71,9	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83761	09/03/2013 14:45	71,8	71,8	60,5	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83762	09/03/2013 14:46	71,7	71,7	60,6	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83763	09/03/2013 14:47	71,4	71,4	60,6	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83764	09/03/2013 14:48	71,8	71,8	60,7	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83765	09/03/2013 14:49	72,2	72,2	60,8	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83766	09/03/2013 14:50	72,2	72,2	60,8	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83767	09/03/2013 14:51	72,2	72,2	60,8	11 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83768	09/03/2013 14:52	72,4	72,4	60,9	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83769	09/03/2013 14:53	72,6	72,6	61	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83770	09/03/2013 14:54	72,8	72,8	61	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83771	09/03/2013 14:55	73	73	61,1	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-
83772	09/03/2013 14:56	72,9	72,9	61,1	12 °C	1 min	-	-	-	1 min	-	-

Anexo 5: Ejemplo de Ciclo de secado analizado. Aserradero Puerta de Misiones SRL



Anexo 1:



Figura 2. Ilustración de referencia del porcentaje por falla de madera.  
Figure 2. Illustration of percentage wood failure.

**RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA DE VIGAS MULTILAMINADAS ENCOLADAS DE *Pinus taeda* L y *Pinus ponderosa* SEGÚN NUEVA NORMA IRAM 9663: PROCEDIMIENTO OPERACIONAL DE LABORATORIO.**

**BENDING STRENGTH OF GLUED LAMINATED TIMBER FROM *Pinus taeda* L y *Pinus ponderosa* UNDER NEW STANDART IRAM 9663: OPERATIONAL METHOD IN LABORATORY.**

**Marek, Marcelo.<sup>1</sup>; Bragañolo, A.<sup>2</sup>; Alarcón Rigotti J. C.<sup>3</sup>**

1 – Docente de Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Bertoni 124 – Eldorado – Misiones - e-mail: [mmarek@facfor.unam.edu.ar](mailto:mmarek@facfor.unam.edu.ar) - <http://www.facfor.unam.edu.ar>

2- Alumno avanzado de carrera de Ingeniería en Industrias de la Madera, de Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. E-mail: [abeyi33@hotmail.com](mailto:abeyi33@hotmail.com)

3- Tec. Electrom. Jefe de Remanufactura planta Junín de los Andes – empresa CORFONE SA – Neuquén. - e-mail: [jalarcon@corfonesa.com.ar](mailto:jalarcon@corfonesa.com.ar) - <http://www.corfonesa.com.ar/>

**Resumen**

Este trabajo consistió en ensayar vigas laminadas encoladas de *Pinus taeda* L y *Pinus ponderosa* mezcladas con *Pinus contorta*, var. *Murrayana* bajo un procedimiento operativo acorde a la nueva Norma IRAM 9663 que permita obtener resultados normalizados. Para llevar adelante el mismo fue necesario adecuar la maquina ensayos para ensayos con dos puntales, para poder registrar: Modulo de Elasticidad Global; Modulo de Elasticidad Local y Resistencia a la Flexión Estática con dos puntales. Los resultados obtenidos han sido de  $11,67 \pm 3,67$  N/mm<sup>2</sup> para Resistencia a la Flexión Estática,  $7.341 \pm 918$  N/mm<sup>2</sup> para Modulo de elasticidad global de *P. taeda* de sección 65×147 mm; de  $23,69 \pm 3,93$  N/mm<sup>2</sup> para Resistencia a la Flexión Estática,  $7.471 \pm 1.720$  N/mm<sup>2</sup> para Modulo de elasticidad global de *P. ponderosa* de sección 73×150 mm y de  $20,81 \pm 4,2$  N/mm<sup>2</sup> para Resistencia a la Flexión Estática,  $6.441 \pm 1.375$  N/mm<sup>2</sup> para Modulo de elasticidad global de sección 50×150 mm.

**Palabras clave:** Flexión estática, madera laminada encolada, *Pinus* spp, control de calidad

**Summary**

The main object of this work was to carry out static bending test for *Pinus taeda* L. and *Pinus ponderosa* mixed with *Pinus contorta*, var. *Murrayana* under operational method according National standard IRAM 9663 which qualifies to obtain normalized results. Was necessary to adapt the testing machine to two-pillars test in bending test in order to record: Global Module Elasticity, Local Modulus of Elasticity and Resistance to Static Bending with two pillars. The results were  $11,67 \pm 3,67$  N/mm<sup>2</sup> for static bending strength,  $7.341 \pm 918$  N/mm<sup>2</sup> for local elasticity module of *P. taeda*, size 65×147 mm;  $23,69 \pm 3,93$  N/mm<sup>2</sup> static bending strength,  $7.471 \pm 1.720$  N/mm<sup>2</sup> for local elasticity module *P. ponderosa* size 73x150 mm and  $20,81 \pm 4,2$  N/mm<sup>2</sup> static bending strength,  $6.441 \pm 1.375$  N/mm<sup>2</sup> for local elasticity module *P. ponderosa* size 50x150 mm.

**Key-words:** Static bending, glued laminated beams, *Pinus* spp.; quality control

## Introducción

La finalidad del estudio de las propiedades físico mecánicas de la madera es la de obtener información de las diferentes características de las maderas para poder compararlas y definir sus usos y de determinar las resistencias con el fin de fijar las tensiones admisibles que se emplean en los cálculos de las estructuras y clasificar por resistencias. Otras son las de determinar la calidad de las maderas, que pueden dar lugar a nuevas aplicaciones o investigaciones, posibilitando un aprovechamiento más racional de las mismas y obtener un mayor valor agregado, además de estudiar la influencia de los factores sobre las propiedades de las maderas y obtener relaciones que puedan utilizarse técnicamente (Guillaumet, 2012).



**Fig.1: Tipos de propiedades de mecánicas de la madera (tomado de Guillaumet, 2012)**  
**Pict 1: Types of mechanical properties of Wood (according Guillaumet, 2012)**

Los valores obtenidos en una determinación de las propiedades de la madera dependen de los métodos de ensayo aplicados. Por tanto es deseable que estos métodos estén normalizados, con el fin de que los resultados obtenidos por diferentes centros de ensayos puedan compararse (IRAM 9663).

En Argentina, desde enero del año 2013, con la entrada en vigencia de la Norma IRAM 9663, se cuenta con normativa aplicable que establece exigencias operativas y los métodos cuantitativos para la determinación de las propiedades de Resistencia a la flexión estática, determinación del módulo de elasticidad local y global, y del módulo de rotura.

Como consecuencia de la adopción del método de tensiones admisibles y del desarrollo de la clasificación visual y mecánica, los ensayos mecánicos se centrarán cada vez más en la atención sobre la determinación y el control de las características resistentes y variabilidad en la madera para medidas de uso real. Esto puede ser aplicado con más eficacia si los datos básicos se definen y obtienen en condiciones análogas (IRAM 9663).

Para simplificar la ejecución de los ensayos normalizados, resulta aconsejable desarrollar un procedimiento operativo ajustado a la máquina de ensayos y herramientas del laboratorio disponibles, cumpliendo las exigencias de la Norma que permita comparar distintos resultados, originales en distintos laboratorios.

La finalidad de realizar los ensayos de resistencia a la flexión estática con estas dos especies es las de contribuir a la base de datos del "Primer Reglamento Argentino de Estructuras de Madera- (CIRSOC 601)" (actualmente está bajo estudio en la Secretarías de Obras de la Nación según comunicación verbal del Ing. Roberto Manavella, 2014); y la de presentar públicamente un procedimiento operativo en el marco de referencia de la citada Norma.

El Reglamento CIRSOC 601 es una normativa basada en maderas de origen nacional y datos obtenidos en laboratorios nacionales, que brindará valiosa información para los profesionales de la construcción en madera, que indirectamente podrá incentivar el uso de estos materiales en la construcción (Piter, 2011) (permitiendo la adopción de la madera en obras privadas y públicas). Este trabajo también tiene como objetivo secundario, resaltar la importancia de la clasificación de materia prima, y de cumplir las exigencias establecidas tanto de la calidad de la madera utilizada, como del procedimiento de fabricación de las vigas (Piter, 2005, IRAM 9662).

## **Materiales y métodos**

### **Madera bajo ensayos**

Se sometieron 41 vigas laminadas de dimensiones  $\sim 70 \times 140 \times 3000$  mm (nominal 3"×6"×10') fueron ensayos de flexión estática, 11 producidas a partir de *Pinus taeda* L. del Noreste de Corrientes. Esta especie presentaba una densidad aparente promedio de 422 kg/m<sup>3</sup> y provenía de rollos de bajo diámetro, y caracterizados por su rápido crecimiento (madera juvenil). Estas habían sido encoladas en sus caras mediante adhesivo melanina-urea-formaldehído (MUF) marca comercial Coladur Plus, y uniones finger: vinílico D3 y fueron encoladas sin aplicar criterios de clasificación visual de las láminas. Respecto a la conformación, las vigas provistas por la empresa tenían 7 láminas, 5 interiores de 22 mm, capas exteriores 19 a 17 mm (cepillado). Se midió el largo de todos segmentos unidos, resultando un promedio de 380,0 mm. [Max.800, Min.140 mm]. Respecto a la unión dentada es importante mencionar que es del tipo vertical o europeo con largo de diente 12 mm, paso 5 mm (IRAM 9661).

Otras 30 vigas ensayadas provenían de las especies *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta* var. *Murrayana*, mezcladas, de la provincia de Neuquén, con una densidad de 446 kg/m<sup>3</sup>. Es importante de destacar que la empresa produce las vigas laminadas indistintamente de las dos especies, y según indicaron presentan características y propiedades similares, así como comportamiento y aspecto. Respecto a la clasificación de láminas, estas se hicieron mediante un procedimiento interno de la empresa, el cual ha tomado conceptos de la Norma IRAM 9662-3, especialmente lo que se refiere a las características de los nudos y espesor de anillos de crecimiento, logrando madera grado 1 y grado 2 (CORFONE, 2010a; CORFONE, 2010b). Por ejemplo: Para vigas de 7 láminas, se usan dos laminas exteriores de calidad grado 1 (clasificadas manualmente menor espesor de anillos, mayor densidad y mayor largo del segmento), y el alma de grado 2, con segmentos con medula, más cortos, e incluso con nudos. Es importante aclarar este aspecto en la fabricación, pues la clasificación de madera de acuerdo a normas favorece la calidad del producto encolado (Otto Graf Institute, 2005). Respecto a los adhesivos utilizados, se uso para las láminas un EPI (de Franklin Adhesives, gramaje entre 180 y 200 gr/m<sup>2</sup>) y para unión finger tipo vinílico D3 (DORUS, de Henkel).

Como información adicional se midió el largo de todos segmentos unidos, resultando un promedio de 485,3 mm. [Max.1030, Min.130 mm].

Respecto a la conformación, las vigas provistas por la empresa tenían 7 láminas, 5 interiores de 23 mm, capas exteriores 17 a 18 mm (cepillado). Respecto a la unión dentada es importante mencionar que es del tipo horizontal o norteamericano con largo de diente 10 mm, paso 4 mm (IRAM 9661).

### Caracterización de las maquina universal de ensayo

El equipo bajo estudio se trata de una Máquina Electromecánica Universal de Ensayos Modelo 10407030 de procedencia Italiana, fabricante Didacta®, con capacidad de 300kN (Figura 3). Posee un controlador computarizado, que permite obtener los valores de medición de carga y desplazamientos, para realizar los cálculos correspondientes (Fig. 2 y 3). Permite exportar los datos a planilla de cálculo. (Grabher, 2010).



Fig. 2: Software de control (Metro Com®)

Pict.2: Driver of testing machine (Metro Com®)



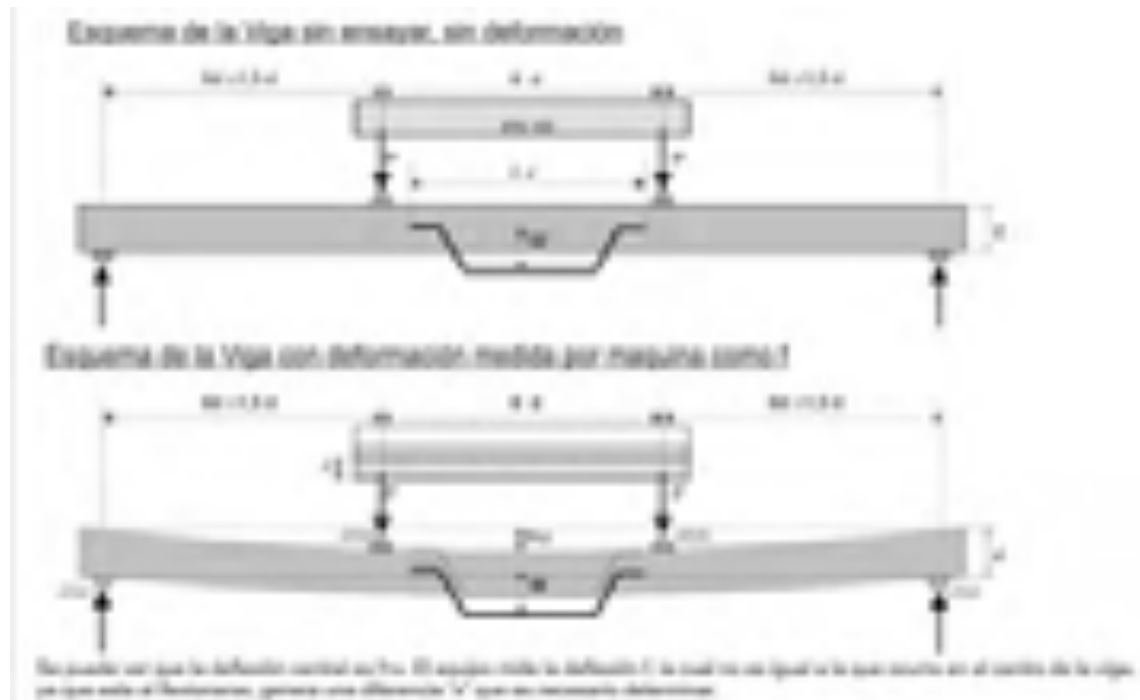
Fig. 3: Gráfico del ensayo de flexión (Metro Com®)

Pict. 3: Graph of Static Bending (Metro Com®)

### Principal exigencia de la Norma IRAM 9663

La principal exigencia de la norma IRAM 9663 es que los ensayos sean realizados mediante dos puntales, y que se registren la deformación global y local. Es importante destacar que la máquina registra el desplazamiento  $f$  (en la norma  $w$ ). Al hacer el ensayo con dos puntales, por deformación de la probeta se genera un desplazamiento mayor al que llamamos  $f+x$ , y este es el que se determina mediante un deflectómetro en la parte inferior de la pieza. Esto se puede ver gráficamente según indica la Figura 4.





**Figura 4. Deformaciones durante el ensayo de vigas laminadas sometidas a flexión estática**

**Pict 4. Deformations during static bending test of glued laminated timber.**

#### Relevamiento de datos de las piezas a ensayar

Antes de ensayar las piezas, se han tomado datos de relevancia para el ensayo (dimensiones, adhesivos, indicios de haber sido construida con madera clasificada –se coteja con la empresa-, gramajes, presencia de particularidades, entre otras), de acuerdo con las exigencias de la Norma. Un aspecto operativo importante constituyó el marcado de las uniones finger joint mediante un crayón. En algunos casos, cuando las uniones están adyacentes, a menos de 120 mm, incluso se pronostica la sección de rotura (IRAM 9660 E1). Este registro de datos adicionales es de suma importancia y debe quedar asentado en el informe de ensayos, según exige la Norma IRAM 9663.

Sobre las probetas ya ensayadas, se registran valores de la sección de rotura, presencia anormalidades que afectan la resistencia mecánica: espesor de anillos en la zona de rotura, nudos, inclinación de la fibra o fibra encontrada, acebolladuras, entre los principales aspectos relacionados con la clasificación visual establecida por la Norma IRAM 9662.

Un aspecto adicional es registrar el peso de la probeta entera, para poder determinar así un dato de “densidad aparente” a escala industrial, adicional a la determinación de humedad de laboratorio según Norma IRAM 9532, ya que no siempre es posible dejar las probetas en acondicionamiento a 20°C de temperatura y 65% de humedad relativa durante mucho tiempo, dado que las empresas necesitan de los datos para la toma de decisiones.

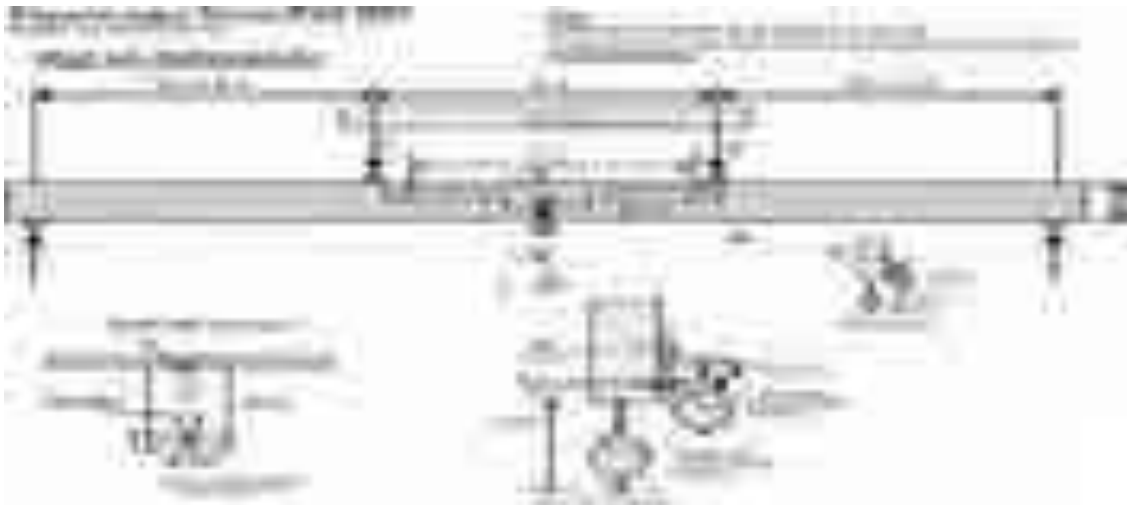
#### Diseño de los accesorios

Partiendo de las exigencias de la Norma, y de las recomendaciones prácticas de colegas de otras instituciones, se procedió a diseñar los accesorios para poder aplicar la fuerza en dos puntales, y poder registrar los valores de desplazamiento por deformación.

Por una comodidad operativa, y limitaciones en cuanto al largo máximo posible de ser ensayado se optó por diseñar al accesorio para probetas hasta ese largo, dimensiones máximas de 150-160 mm de alto (escuadrías 3"x6" producidas frecuentemente por el mercado). (Actualmente el largo a ensayar está limitado por el largo de 3.000 mm de la barra puente original de la máquina de ensayo, a pesar de que la capacidad de carga de la máquina es de 300 kN).

Para el puente de carga de dos puntales, se usaron dos secciones de UPN100, soldados entre sí en el dorso. Posteriormente éste se mecanizó para rectificar, y además lograr colisas de desplazamiento de los puntales de carga. Esto permite regular fácilmente los dos puntales entre una separación de 7 y 100 cm.

Todos los trabajos se hicieron en una tornería, mediante el cepillado y rectificado de frentes, para asegurar la precisión y rectitud de las piezas.



**Fig. 5: Accesorio para realizar el ensayo de medición del módulo de elasticidad local y global en vigas laminadas sometidas a flexión estática, según IRAM 9663.**

**Pict 5: Attachment testing module measuring local and global elasticity of glued laminated timber under static bending, according to IRAM 9663.**

#### **Desarrollo del método de registro**

Para registrar los valores de deformación de la pieza, indicado por los dos deflectores o comparadores, se optó por registrarlos fotográficamente cada 10 segundos de registrada la primer deformación (Fotos 1 y 2). En forma simultánea se tomaban los valores de carga para poder permitir los cálculos. Se desarrollo una planilla de cálculo Microsoft Excel® donde grafica cada curva de carga-deformación, y donde calcula los módulos de Elasticidad Global y local, según indica la Norma 9663. Anexo 1



**Foto. 1: Vista de sistema de registro de datos, mediante cámara web y foto cada 10 segundos**

**Photo. 1: View data recording system through webcam and photo every 10 seconds.**



**Foto 2: Rotura de la viga 15, del ensayo realizado para la firma CORFONE SA, con las uniones finger joint remarcadas, y como ocurrió la rotura.**

**Photo 2: Failure of beam #15, lumber from CORFONE SA, with the finger joints highlighted.**

Respecto a la posición de los apoyos, se ha optado por una separación entre apoyos de 2700 mm, y vigas de 140-150 mm de alto x 3000 mm de largo. Si bien esto puede ser variable entre 15 y 21 veces el alto de la probeta, según indica la norma IRAM 9663, se ha fijado el valor aproximado de 18 veces el alto ( $\sim 2.700$  mm), y 6 veces el alto para los dos puntales de apoyo ( $\sim 800$  mm) para que sean fácilmente comparables los datos obtenidos. (Fig. 5 y 6)

### **Resultados y discusión**

En las Tabla 1 y 2 se presentan los valores de de módulo de elasticidad local ( $E_{m,\ell}$ ) y módulo de elasticidad global en flexión estática, ( $E_{m,g}$ ), carga de Rotura en flexión para las vigas ensayadas de *Pinus Ponderosa* y *P. contorta var. murrayana* de dimensiones 73×150 mm y 50×150 mm, junto a los principales datos adicionales que se registraron, al pie de las tablas, de acuerdo a lo que establece la Norma IRAM 9663 en su Introducción.

**Tabla 1: Resultados de vigas de dimensiones 73 x 150 de *Pinus Ponderosa* y *P. contorta* var. *murruyana***

**Table 1: Results of glulam testing, dimensions 73 x 150 *Pinus Ponderosa* and *P. contorta* var. *murruyana***

Viga ensayada	Mod. Elast. Local (Em.ℓ) (N/mm <sup>2</sup> )	Mod. Elast. Global (Emg.) (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kN)	Resist. a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Viga 01	s/d	s/d	9,46	16,5	451
Viga 02	6.819,6	6.736,8	13,51	23,5	432
Viga 03	7.554,2	6.830,5	9,80	17,1	444
Viga 04	11.591,8	10.072,5	13,28	23,1	464
Viga 05	6.533,1	6.289,7	10,71	18,6	451
Viga 06	6.077,6	6.643,8	11,74	20,4	441
Viga 07	8.215,5	7.168,4	13,01	22,6	468
Viga 08	4.834,6	6.324,5	11,94	20,8	450
Viga 09	5.102,7	5.692,1	36,20	27,8	441
Viga 10	8.013,1	12.184,8	20,60	26,1	449
Viga 11	12.184,8	8.766,9	14,03	24,4	451
Viga 12	8.247,9	7.473,5	14,53	25,3	426
Viga 13	7.391,9	6.942,9	18,10	31,5	426
Viga 14	6.777,0	7.679,4	14,37	25,0	434
Viga 15	4.224,6	5.784,5	14,71	25,6	464
Media	<b>7.397,7</b>	<b>7.470,7</b>	<b>13,35</b>	<b>23,69</b>	<b>446</b>
Desvio	2.194,4	1.720,3	2,34	3,93	12,64
CV %	30%	23%	18%	17%	3%

**Tabla 2: Resultados de vigas de dimensiones 50 x 150 de *Pinus Ponderosa* y *P. contorta* var. *murruyana***

**Table 2: Results of glulam testing, dimensions 50 x 150 *Pinus Ponderosa* and *P. contorta* var. *murruyana***

Viga ensayada	Mod. Elast. Local (Em.ℓ) (N/mm <sup>2</sup> )	Mod. Elast. Global (Emg.) (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kN)	Resist. a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Viga 16	5.713,8	6.441,4	9,09	14,5	453
Viga 17	4.761,3	6.222,9	7,30	19,0	427
Viga 18	6.709,0	10.015,8	17,60	17,5	408
Viga 19	6.348,3	5.270,0	5,19	13,6	430
Viga 20	6.441,7	6.595,7	7,48	18,7	422
Viga 21	4.291,8	4.874,2	8,87	23,1	442
Viga 22	5.577,5	8.283,7	11,78	30,6	426
Viga 23	6.450,7	6.417,3	7,99	20,3	433
Viga 24	6.315,9	6.409,9	7,63	19,9	422
Viga 25	6.128,8	4.421,2	9,75	24,1	431
Viga 26	4.421,2	5.861,3	9,88	17,5	429
Viga 27	7.459,3	7.461,1	7,23	18,8	431
Viga 28	4.816,6	6.445,1	8,29	21,6	422
Viga 29	s/d	s/d	10,10	26,3	420

Viga 30	4.557,2	5.459,8	8,16	20,4	427
Media	<b>5.713,8</b>	<b>6.441,4</b>	<b>9,09</b>	<b>20,81</b>	<b>426</b>
Desvio	956,5	1.375,6	2,7	4,2	9,9
CV %	17%	21%	30%	20%	2%

En las Tabla 3 se presentan los valores de módulo de elasticidad local ( $E_{m,\ell}$ ) y módulo de elasticidad global en flexión estática, ( $E_{m,g}$ ), carga de Rotura en flexión para las vigas ensayadas de *Pinus taeda* provenientes de Corrientes, para dos dimensiones o escuadrías: 73×150 mm y 50×150 mm, conocidas comercialmente como 3”×6”, junto a los principales datos adicionales que se registraron, al pie de las tablas.

Los valores medios de carga de rotura alcanzaron de 13,35±2,34 kN para las vigas de 3”x6” y 9,09±2,7 kN para 2”x6”. Respecto a los valores de resistencia a la flexión ( $R_{fm}$ ), los valores medios fueron de 23,69±3,93 N/mm<sup>2</sup> y 20,81±4,2 N/mm<sup>2</sup> lo que indica un buen comportamiento, tomando como referencia los valores característicos que indica la Norma IRAM 9660-1, y que se detallan a continuación para la especie *Pinus taeda/elliottii* (Tabla 3).

**Tabla 3: Valores característicos de la madera laminada encolada estructural** (Fuente: IRAM 9660-1)

**Table 3: Characteristic values for structural glued laminated timber** (From: IRAM 9660-1)

Especie	Grado de resistencia	Módulo de rotura a la flexión (MOR) <sup>(1)</sup> (MPa =N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad en flexión (MOE) <sup>(2)</sup> (MPa N/mm <sup>2</sup> )
Pino taeda/elliottii	Grado 1	20	12.500
	Grado 2	13	7.500

(1) Valor característico (5%) ajustado a las medidas de referencia (ancho  $b = 150$  mm, y alto  $h = 600$  mm) conforme a la norma EN 1194:1999 - Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de los valores característicos.

(2) Valor característico medio ajustado a un contenido de humedad del 12% conforme a la norma UNE-EN 384:1996 – Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad.

Se aprecia que en ambas escuadrías, se superó el valor estipulado por la Norma, de 20 MPa (o N/mm<sup>2</sup>) para el grado de Resistencia 1. En el caso de las vigas de 3”x6” los valores fueron más altos, posiblemente debido a madera de mejor calidad estructural, evidenciado por una mayor densidad (446 kg/m<sup>3</sup>, contra 426 de 2”x6”).

**Tabla 4: Resultados de vigas de dimensiones 65,6 x 147 de *Pinus taeda* de Corrientes**  
**Table 4: Results of glued laminated timber testing, dimensions 65,6 x 147 de *Pinus taeda* from Corrientes**

Viga ensayada	Mod. Elast. Local (Em.ℓ) (N/mm <sup>2</sup> )	Mod. Elast. Global (Emg.) (N/mm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kN)	Resist. a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Viga 3A	s/d	s/d	19,19	19,1	424
Viga 4A	8.486,2	7.777,7	9,91	18,5	406
Viga 5A	8.584,9	8.147,5	24,20	13,0	421
Viga 6A	7.869,0	7.362,3	17,30	9,1	424
Viga 7A	9.460,3	8.376,9	25,30	12,8	431
Viga 8A	6.676,7	7.932,4	19,40	9,5	418
Viga 9A	7.097,5	7.077,9	19,30	10,1	431
Viga 10A	8.921,0	6.726,1	16,50	8,8	423
Viga 11A	12.220,1	5.333,3	21,60	11,6	421
<b>Media</b>	<b>8.664,5</b>	<b>7.341,8</b>	<b>19,19</b>	<b>11,67</b>	<b>422</b>
Desvio	1.597,6	918,1	4,28	3,67	7,02
CV %	18%	13%	22%	31%	2%

Datos adicionales:

11 Vigas laminadas de Pino taeda de sección 65 x 147 mm de sección, largo 3.000 mm. (Escuadría 3" x 6)

*Los valores obtenidos en la Tabla 5, fueron de 19,19 kN para las vigas de 3"×6". Respecto a los valores de resistencia a la flexión (R<sub>fm</sub>), los valores fueron de 11,67 N/mm<sup>2</sup> (o MPa) lo que indica un deficiente comportamiento, tomando como referencia los valores característicos que indica la Norma IRAM 9660-1, y que se detallan en la Tabla 3. No se supero el "Grado 2" de las vigas, con un valor de resistencia exigido de 13 MPa (o N/mm<sup>2</sup>) para el grado de Resistencia 2.*

El motivo posible de este comportamiento puede ser el hecho de que la madera era de muy baja densidad (422 kg/m<sup>3</sup>), y el largo promedio de los segmentos de 380 mm, con numerosas uniones finger separadas por menos de 120 mm entre sí, de láminas adyacentes. Resulta importante destacar que estas vigas habían sido fabricadas sin clasificar la madera o láminas.

A partir de la observación de las vigas, y del análisis de falla en los ensayos, se brindaron recomendaciones de fabricación y clasificación visual de madera para mejorar la calidad del producto encolado.

Respecto a los resultados de los ensayos, se cuenta con mucha información adicional, como por ejemplo grabaciones en video, y fotos tomadas cada 10 segundos (8-9 por ensayo), además de las probetas ensayadas, como lo aconseja la Norma IRAM 9663 en su introducción. Una novedad innovadora ocurrió con la empresa que ha solicitado secciones de roturas de las probetas para usarlas como material didáctico para sus supervisores y operarios de planta (Marek, 2013)

Estos ensayos llevados a cabo mediante la aplicación de la Norma IRAM 9663, permite disponer nuevos datos, que contribuyan al sistema de cálculo de estructuras de madera, que según algunos calculistas, había un vacío normativo que el Reglamento CIR-SOC 601 (Reglamento Argentino de Estructuras de Madera) ha cubierto a nivel nacional, y que permitirá viviendas de madera más seguras (INTI, 2013).

## Conclusiones

Los resultados han sido satisfactorios, y los valores se han podido comparar con algunos datos de comportamiento estructural de referencia indicados por la tabla 3, donde las vigas de la especie *Pinus taeda* no ha llegado al estándar de calidad, y las vigas laminadas mixtas de *Pinus Ponderosa* y *P. contorta* var. *murrayana* sí las han cumplido.

Un aspecto a inferior del mejor comportamiento de vigas de *Pinus Ponderosa* y *P. contorta* var. *Murrayana* es que han sido producidas mediante madera clasificada en grados de calidad, teniendo en cuenta la posición relativa de cada lámina, disponiendo de láminas de Grado 1 en zonas de mayor sollicitación estática; según aconseja las Normas IRAM 9662.

En aspectos metodológicos, fue posible implementar el procedimiento operativo de acuerdo a la Norma IRAM 9663, lo que permite contar con datos comparables con otros laboratorios, con máquinas de ensayos de diferente fabricación o tipo.

Dada la amplitud y complejidad de temas técnicos, se resalta la importancia de incorporar el conocimiento técnico y profesional, tanto en la ejecución de los ensayos en laboratorios externos (Instituciones), como en el control de calidad interno (de las empresas), para que resulte en una retroalimentación para mejorar el proceso productivo.

Tal como lo recomienda la Norma IRAM 9663, es de suma importancia registrar la mayor cantidad posible de datos que caractericen al elemento bajo ensayo, a pesar de que tome mayor tiempo y esfuerzo.

Los valores obtenidos están publicados en forma resumida, pero totalmente disponibles para centros de investigación que quieran intercambiar información y resultados. Como centros de investigación, se cuenta con la ventaja y la responsabilidad de poder integrar conocimientos, y a partir de los resultados, brindar recomendaciones que redunden en un mejor posicionamiento de estos productos madereros en la construcción local.

## Recomendaciones

Se recomienda aumentar el tamaño de la muestra, aplicando un procedimiento de muestreo de acuerdo a las Normas IRAM 9661 y establecer contacto con firmas que tengan la planta Certificada para avanzar con ensayos específicos y permanentes, que puedan ampliar la base de datos de vigas producidas bajo Normas IRAM.

Sobre la base de los resultados, es aconsejable crear un programa de mejora de la calidad de las vigas multilaminadas a nivel regional o nacional.

## Agradecimientos

Se expresa un especial agradecimiento al Coordinador de la redacción del Reglamento CIRSOC 601, Dr. Ing. Civil Juan Carlos Piter, del GRUPO de ESTUDIOS de MADERAS (GEMA),- que funciona en la Facultad la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional- por las recomendaciones dadas, fotos enviadas durante la ejecución del trabajo en laboratorio. También a los Ing. Roberto Manavella y Alfredo Guillaumet, de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Venado Tuerto por las correcciones y las valiosas recomendaciones técnicas y profesionales realizadas en el manuscrito. Finalmente a las empresas CORFONE SA y AGUER MADERAS SRL, por confiarnos los ensayos, y en permitir que se publiquen los resultados.

## Bibliografía

- CIRSOC, 2013: REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE MADERA - CIRSOC 601 - Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles - <http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/601/CIRSOC601-completo.pdf>
- CORFONE, 2010. Instrucción A1: Clasificación visual de segmentos de una viga multilaminada estructural. Documentación inédita. Junin de los Andes, Neuquén. Argentina
- CORFONE, 2010. Instrucción A2: Características constructivas de una viga multilaminada estructural. Documentación inédita. Junin de los Andes, Neuquén. Argentina
- EN 408 — Structural timber and glued laminated timber — Determination of some physical and mechanical properties. European Standards Organisation (CEN) standards. (Brettschichtholz)
- Grabher, G. et al. 2010. Comparación de métodos no destructivos y destructivos para vigas laminadas. Tesis de Grado.
- Guillaumet, A.; 2012. La madera como material estructural para la construcción. Normas y reglamento argentino de estructuras de madera. Presentación ante Facultad de Arquitectura Universidad ORT Uruguay 24 de mayo de 2012
- INTI, 2013. Construcciones en madera más seguras. Noticiero Tecnológico Semanal N° 368 | 15 de octubre de 2013. <http://www.inti.gob.ar/noticiero/2013/noticiero368.htm>
- IRAM 9532 – Maderas. Método de determinación del contenido de humedad.- Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- IRAM 9660 – 1 (2006): Madera laminada encolada estructural. Parte 1: Clases de resistencia y requisitos de fabricación y de control. - Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- IRAM 9660 – 2 (2006): Madera laminada encolada estructural. Parte 2: Métodos de ensayo - Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- IRAM 9661 – 2 (2006): Madera laminada encolada estructural Requisitos de los empalmes por unión dentada - Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- IRAM 9662–3 (2006): Madera laminada encolada estructural. Parte 2: Métodos de ensayo - Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- IRAM 9663 (2013) Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Manavella, 2014. Comunicación Verbal. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Venado Tuerto.
- Marek, 2013. “Curso de capacitación sobre la producción y control de procesos de vigas multilaminadas encoladas según criterios de la Norma IRAM, destinado a operarios y supervisores”. <http://larevistadeapicofom.com.ar/?p=1040>
- Otto Graf Institute. (2005). “Curso de Encolado estructural de maderas”. Lehagang- Kleben Tragender Holzbauteile I. Materialprüfungsanstalt MPA. Universidad de Stuttgart, Alemania. Enero de 2005. <http://www.mpa.uni-stuttgart.de/>
- Piter, J. C., 2011: Entrevista Revista ASORA. [www.asora.org.ar](http://www.asora.org.ar)
- Piter, J.C., 2005: Mejora de la calidad de las vigas laminadas encoladas para uso estructural en construcciones. Experiencia de innovación y transferencia entre el sector científico-tecnológico y el empresario en Argentina. Seminario Iberoam. de Tecnología de Materiales Subprograma VIII – CYTED. La Habana, Cuba 9-11 de Mayo de 2005
- Revista Vivienda: <http://www.revistavivienda.com.ar/actualidad/calendario/proyecto-cirsoc-601-reglamento-argentino-de-estructuras-de-madera>



Anexo 1:

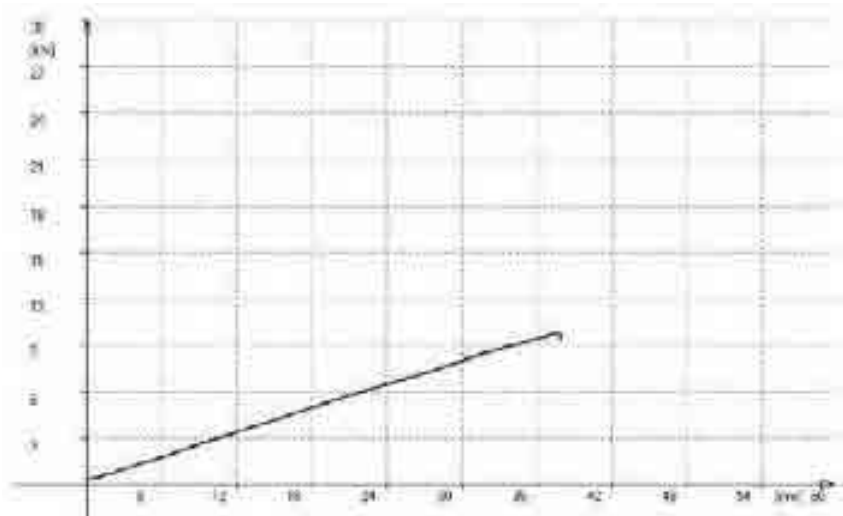
**Tabla 1: Planilla de cálculo desarrollada para registrar los valores y el cálculo de los Valores de módulo de elasticidad local ( $E_m, \ell$ ) y módulo de elasticidad global en flexión estática, ( $E_m, g$ ), carga de Rotura en flexión para las vigas ensayadas.**

**Table 1: Calculation Spreadsheet developed to obtain values of local elasticity modulus ( $E_m, \ell$ ) and global modulus of elasticity in static bending, ( $E_m, g$ ), flexural strain load for the tested beams.**

RESULTADO VIGAS CORFONE SA					MEDIDAS					3X6				
Viga 01		Debajo		Frente	Viga 02		Debajo		Frente	Viga 03		Debajo		Frente
Carga (KN)	Tiempo	f1 (mm)	f2 (mm)		Carga (KN)	Tiempo	f1 (mm)	f2 (mm)		Carga (KN)	Tiempo	f1 (mm)	f2 (mm)	
0,292	00:00:10	0,306	0,001		0,318	00:00:10	0,32	0		0	00:00:10	0,5	0,005	
0,586	00:00:20	0,866	0,019		0,794	00:00:20	0,85	0		0,352	00:00:20	0,71	0,01	
1,028	00:00:30	1,752	0,086		1,593	00:00:30	1,98	0,09		0,6014	00:00:30			
1,559	00:00:40	3,097	0,177		2,197	00:00:40	4,03	0,25		1,09	00:00:40			
2,174	00:00:50	4,501	0,297		3,101	00:00:50	5,78	0,42		1,6935	00:00:50	4,65	0,25	
2,746	00:01:00	6,110	0,436		3,9954	00:01:00	8,5	0,68		1,959	00:01:00	5,82	0,33	
3,296	00:01:10	7,481	0,589			00:01:10	11,18	0,92		2,494	00:01:10	7,39	0,47	
3,868	00:01:20	8,693	0,677			00:01:20				3,05	00:01:20	8,78	0,58	
4,089	0,001041667	10,352	0,869							3,6986	00:01:30	10,37	0,72	
4,2175	0,001157407	11,408	0,921							4,35	00:01:40	12,27	0,88	
b (mm)		73,0			b (mm)		73,0			h (mm)		150,0		
d (mm)		150,0			h (mm)		150,0			L (mm)		3,000		
A (mm <sup>2</sup> )		10,950			L (mm)		3,000			L1 (mm)		750		
L (mm)		3,000			L1 (mm)		750			a (mm)		952		
L1 (mm)		750			a (mm)		952			l (mm4)		20,531,250		
a (mm)		952			l (mm4)		20,531,250			Luz (mm)		2,643		
l (mm4)		20,531,250			Luz (mm)		2,643			Em.L	6,680	N/mm <sup>2</sup>	w= 273,750	
Luz (mm)		2,643			Em.L	8,671	N/mm <sup>2</sup>	w= 273,750		Emg	5,955	N/mm <sup>2</sup>	I=20531250	
Em.L	6,680	N/mm <sup>2</sup>	w= 273,750		Emg	8,650	N/mm <sup>2</sup>	I=20531250		RFm	16,8	N/mm <sup>2</sup>	Densidad	
Emg	5,955	N/mm <sup>2</sup>	I=20531250		RFm	24,1	N/mm <sup>2</sup>	Densidad		CR	9,46	kN	451 kg/m3	
RFm	16,8	N/mm <sup>2</sup>	Densidad		CR	13,51	kN	432 kg/m3		f				
CR	9,46	kN	451 kg/m3		f					E		N/mm <sup>2</sup>		
f					E		N/mm <sup>2</sup>			Fm	16,5	N/mm <sup>2</sup>		
E		N/mm <sup>2</sup>			Fm	23,5	N/mm <sup>2</sup>							
Fm	16,5	N/mm <sup>2</sup>												

**Anexo 2: Informe presentado por la máquina de Ensayos Universal  
Annex 2: Report of Universal Testing Machine**

Pruebas N° Viga; 025  
 Lote: Colada: 7 laminas  
 Colada: tem:  
 Rollo:  
 Material:  
 Certificado:  
 Cliente: XX  
 Fabricante: Corfone SA  
 Fecha: Agosto 2013  
 Sec. Tipo: Rectangular  
 Lado 1: 50 [mm]  
 Lado 2: 150 [mm]  
 Lt: 0 [mm]  
 w: 187500 [mm<sup>3</sup>]  
 Vol.: 0 [mm<sup>3</sup>]  
 Dist entre los soportes: 2700 [mm]  
 Distancia puntales: 750 [mm]  
 Prueba: Flexión con 2 puntales  
 Velocidad: 10 [mm/min]  
 Ffm: 9.748 [kN]  
**Rfm: 25.3 [N/mm<sup>2</sup>]**  
 f: 37.86 [mm]  
**E: 7721.65 [N/mm<sup>2</sup>]**  
 Metodo de prueba:  
 Máquina de prueba: Metro Com Fecha calibración: 01/03/2008



**ELABORACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS A PARTIR DE MADERAS DE *Eucalyptus tereticornis* SMITH DE DIFERENTES PROGENIES.**

**ELABORATION OF AGGLOMERATE BOARDS FROM *Eucalyptus tereticornis* SMITH WOODS FROM DIFFERENT PROGENIES.**

**Umlandt C. M.<sup>1</sup>; Pan E.<sup>2</sup>; Medina J. C.<sup>3</sup>, Ruiz A. P.<sup>4</sup>, Moreno R. C.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Ing. en Industrias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, Cp. 4200, Santiago del Estero. E mail: [maxiu81@live.com](mailto:maxiu81@live.com)

<sup>2</sup> MSc. Ing. en Industrias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, Cp. 4200, Santiago del Estero. E mail: [epan@unse.edu.ar](mailto:epan@unse.edu.ar)

<sup>3</sup> Dr. Ing. en Industrias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, Cp. 4200, Santiago del Estero. E mail: [juancamedina9@hotmail.com](mailto:juancamedina9@hotmail.com)

<sup>4</sup> Ing. en Industrias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, Cp. 4200, Santiago del Estero. E mail: [aguruiz@unse.edu.ar](mailto:aguruiz@unse.edu.ar)

<sup>5</sup> Estudiante de Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano Sur 1912, Cp. 4200, Santiago del Estero. E mail: [rociocelstemoreno@hotmail.com](mailto:rociocelstemoreno@hotmail.com)

### **Resumen**

El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar tecnológicamente la madera joven de familias de *Eucalyptus tereticornis* SMITH plantados en Santiago del Estero, a través de su empleo en la fabricación de aglomerados y la medición de las propiedades físico-mecánicas de estos paneles. Esto permite comparar las diferentes maderas, y establecer su performance en un producto concreto para hacer las recomendaciones correspondientes. Los tableros aglomerados se realizaron en el Instituto de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de Santiago del Estero, Argentina. El material utilizado, consistió en virutas de madera de *Eucalyptus tereticornis* SMITH provenientes de cuatro familias dentro de un ensayo de progenies, instalado en la Estación Experimental. Se realizaron los ensayos físicos de acuerdo a las Normas DIN para humedad, peso específico e hinchazón. Las cuatro familias mostraron diferencias significativas. La familia 65 expuso mejores valores de propiedades físicas.

**Palabras clave:** Santiago del Estero, *Eucalyptus tereticornis*, paneles aglomerados, propiedades físicas y mecánicas.

### **Summary**

This work will let the earlywood of the *Eucalyptus tereticornis* SMITH families implanted in Santiago del Estero be characterized technologically, through its use in the manufacture of agglomerate boards and measuring the physical-mechanical properties of these panels. This allows compare different woods, and set your performance in a particular product to make appropriate recommendations. These boards were made at the Wood Technology Institute of the Faculty of Forest Sciences in Santiago del Estero, Argentina. The material used was sawdust of *Eucalyptus tereticornis* SMITH from four families selected out of progenies tests in the Fernandez Experimental Station. Physical Tests were performed according to DIN standard method for Humidity, Density and thickness Swell. The

four families showed significant differences. The 65 family exhibited better values of physical properties.

**Key words:** Santiago del Estero, *Eucalyptus tereticornis*, particleboards, physic and mechanic properties.

## Introducción

Las plantaciones forestales por su concentración espacial son adecuadas para generar actividades comerciales e industriales rentables y para dinamizar el sector con la generación de puestos de trabajo, Salto (2008); Cabrera Gaillard (2003). Entre las especies promisorias se encuentran las que pertenecen al género *Eucalyptus*, debido a su amplio rango de adaptación a diferentes sitios y variada gama de usos.

La madera madura de *Eucalyptus tereticornis* presenta muy buenas propiedades físicas y mecánicas, es de coloración rojiza con una textura uniforme, grano entrecruzado y es difícil de trabajar. Por su alta densidad y dureza es muy apta para fines energéticos como leña y carbón, para tableros de fibras de alta densidad y también para producto de madera sólida (parquet y muebles). A su vez, por su resistencia y durabilidad, es muy apta para la fabricación de productos de uso exterior, siendo muy apreciada para postes y carpintería rural. La madera es inmune a termitas y a la putrefacción seca. Los árboles también son usados en la restauración e inmovilización de dunas, para controlar la erosión por viento, y para cercos. También ha sido utilizada para la extracción de taninos y aceites. Sus hojas son utilizadas para obtener aceites esenciales, y las flores, para la producción de polen y miel, (Salto, 2008); (INTA, 1997); (INTA –SAGyP, 1995).

Por ser una madera durable también ha sido utilizada para piezas enterradas que soportan estructuras, madera para minas, bloques para pavimentos, columnas, etc. También se usa para pisos, escalones y marcos exteriores de puertas y ventanas, pero la albura debe ser excluida en usos de carpintería y acabado. Sus aplicaciones principales son en construcción pesada y estructuras de construcción como soportes enterrados, paneles para pisos, vigas, etc. En carpintería naval, se utiliza para mástiles, palos de popa y piezas para pequeños botes (Sánchez Acosta, 2005); (Sánchez Acosta, 1996); (Mantero, 1995).

El *Eucalyptus tereticornis* es potencialmente adecuado para el cultivo de bosques con fines industriales, debido a sus características tecnológicas, silviculturales y a los factores del ambiente en Santiago del Estero. Ésta especie, de rápido crecimiento y aceptables características de trabajabilidad de su madera, presenta elevadas tensiones de crecimiento y la liberación de éstas durante las operaciones de volteado, aserrado y secado crea problemas en su utilización y adecuado aprovechamiento industrial (presencia de grietas, alabeos en madera aserrada y secada), (Pan, 2013).

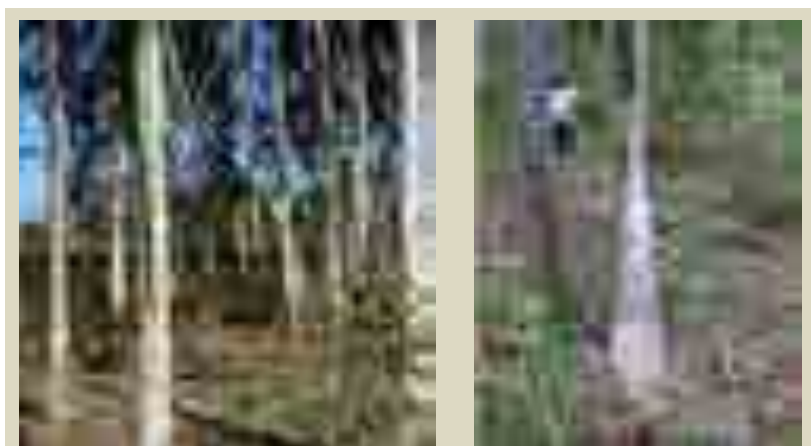
La fabricación y el empleo de madera reconstituida en forma de tableros, es la tendencia contemporánea en ingeniería de la madera. Las formas más comunes en el mercado son los tableros aglomerados, los contrachapados y los enlistonados, (Carranza, 2004); (Sotomayor Castellano *et al.*, 2011).

El presente trabajo tiene por objetivo caracterizar tecnológicamente la madera joven de familias de *Eucalyptus tereticornis* plantados en Santiago del Estero, a través de su empleo en la fabricación de aglomerados y la medición de las propiedades físico-mecánicas de los paneles elaborados con estamadera. Esto permite conocer sus propiedades, comparar las diferentes maderas, y establecer su performance en un producto concreto para hacer las recomendaciones correspondientes.

## Material y Método

### Material

Se utilizaron virutas de madera de cuatro familias (15, 30, 41 y 65) de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis*, seleccionados dentro del ensayo de progenies instalado en la Estación Experimental Fernández de la Ciudad de Fernández, Departamento Robles, Santiago del Estero, Argentina (**Imagen N° 1**). La selección realizada por el Área de Mejoramiento Genético de la Facultad de Ciencias Forestales de Santiago del Estero, se realizó teniendo en cuenta sus características de crecimiento y rectitud de fuste en base a su mérito genético para estas características. Estos materiales provienen de un área productora de semilla (APS) en Anhembi, Sao Paulo, adquirido en el Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Brasil. El adhesivo empleado fue resina de urea-formaldehído.



**Imagen N° 1:** Ensayo de *Eucalyptus tereticornis* SMITH en Santiago del Estero.

**Figure N°1:** Test of *Eucalyptus tereticornis* SMITH in Santiago del Estero.

### Método

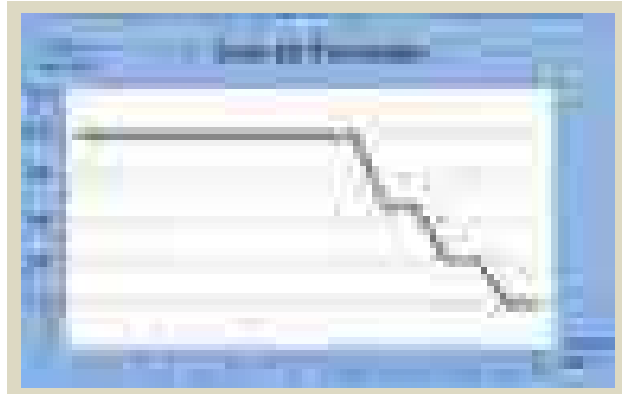
Se fabricaron un total 16 tableros, 4 tableros por cada una de las familias que fueron consideradas como tratamientos e identificadas con los números 15, 30, 41 y 65. Los tableros se elaboraron con un espesor de 16 mm, con aristas de 54 cm y 55,5 cm, y una densidad teórica de 700 kg/m<sup>3</sup>.

Para la elaboración de los tableros, en primera instancia se obtuvieron trozas de un metro de longitud a partir del DAP, según lo reportado por Pan (2009), luego se procedió a la obtención de las virutas de madera en el Laboratorio de Paneles a Base de Madera del Instituto de Tecnología de la Madera (ITM), de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF).

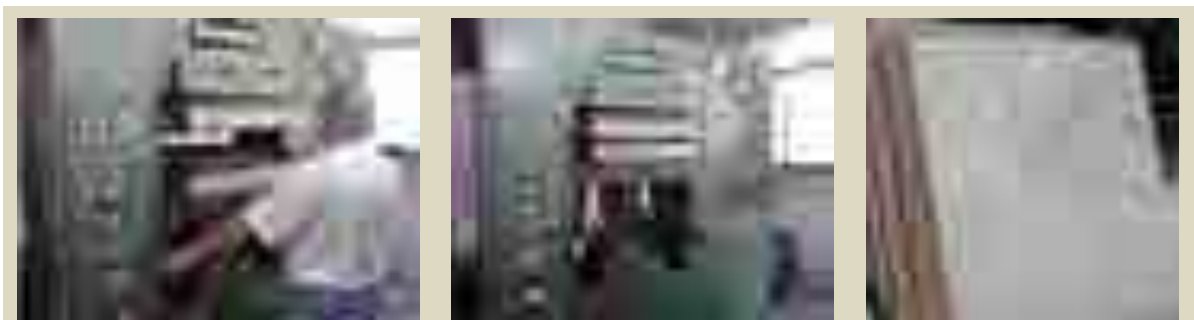
Las virutas se prepararon con un espesor de 0,5 mm en una chipera de disco vertical. La reducción secundaria se llevó a cabo en un molino CONDUX. Posteriormente el secado de las virutas se efectuó en una estufa con circulación de aire forzado a una temperatura de 60°C, de acuerdo a lo recomendado por Medina (1999).

Las virutas fueron encoladas con una cola de base ureica. La cantidad de resina aplicada fue del 10% en peso de madera seca. El tablero fue formado manualmente.

Para la operación de pre-prensado, se aplicó una presión específica de 10 Kg/cm<sup>2</sup> durante 15 segundos. En el prensado se aplicó de manera decreciente y escalonada, las presiones de 35 Kg/cm<sup>2</sup>, 18 Kg/cm<sup>2</sup>, 9 Kg/cm<sup>2</sup>, 4,5 Kg/cm<sup>2</sup>, durante 10 min, 2 min, 2 min y 2 min respectivamente de acuerdo a lo recomendado indicado por Medina (1999). En la **Figura N° 2** aparece representado el ciclo de prensado.



**Imagen N° 2: Ciclo de Prensado.**  
**Figure N° 2: Pressing Cycle.**



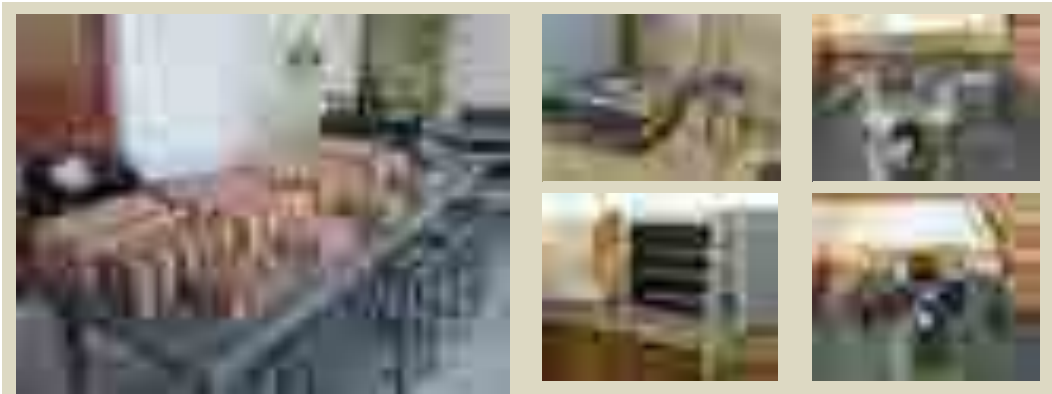
**Imagen N° 3: Prensado de los Paneles Aglomerados.**  
**Figure N° 3: Agglomerate boards pressing.**

Los ensayos físicos se realizaron según las Normas DIN (**Tabla N° 1**) en el Laboratorio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera del ITM - FCF.

**Tabla N° 1: Relación entre propiedades, normas, número de probetas, y dimensiones de las mismas.**  
**Table N° 1: Relationship between properties, standards, number of specimens, and dimensions of the same**

Normas DIN para Propiedades Físicas			
Propiedad	Norma	N° de Probetas	Dimensiónmm
Humedad	DIN 50014	8	50 x 50
Peso Específico	DIN 52361	8	50 x 50
Hinchazón 2 y 24 hs en agua fría	DIN 52364	20	25 x 25

Para el análisis estadístico se utilizó, un Diseño Experimental en bloques de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno.



**Figura N° 4: Ensayo de las propiedades físicas.**  
**Figure N°4: Testing of physical properties.**

### **Resultados y Discusión**

#### **Coefficiente de esbeltez**

El material utilizado no presentó ningún tipo de problema durante las operaciones de astillado, molienda y encolado, todas ellas realizadas de acuerdo a la metodología utilizada por Medina (2012 a) y Carranza (2004). En la **Tabla N° 2** se presentan las medidas medias del largo y espesor, así como el Coeficiente de Esbeltez determinados a partir de esas medias.

**Tabla N° 2: Coeficientes de esbeltez (C.E.) de las familias de *Eucalyptus tereticornis* SMITH.**

**Table N°2: Slenderness coefficients (C.E.) of the families of *Eucalyptus tereticornis* SMITH.**

Familias	Largo medio (mm)	Espesor medio (mm)	C.E.	C.V.
15	26,06	0,55	49,22	28,49
30	25,45	0,53	49,41	26,96
41	24,52	0,48	54,94	31,70
65	26,01	0,46	61,34	38,39

Los coeficientes de esbeltez determinados son bajos comparados con el rango de 60 a 120 sugerido por Ginzler y Peraza (1966); y Peredo (1988).

Poblete (1985), explica que cuando la esbeltez es más baja que la prescrita (60-120), se nota tendencias dispares en las propiedades físico-mecánicas. Así, la disminución de este coeficiente afecta el comportamiento mecánico, verbigracia la resistencia a la flexión se reduce.

### Propiedades físicas

La **Tabla N° 3** presenta el resumen de los valores medios obtenidos para las propiedades físicas determinadas.

**Tabla N° 3: Valores medios para los ensayos físicos.**

**Table N°3: Mean values for physical testing.**

Tratamiento	Humedad (%)		Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )		Hinchamiento (%)			
	Media	C.V.	Media	C.V.	2 Hs		24 Hs	
					Media	C.V.	Media	C.V.
Familia 15	9,53	3,80	0,749	5,65	12,29	34,38	50,87	16,80
Familia 30	9,67	10,08	0,716	4,52	28,53	11,71	79,73	38,09
Familia 41	9,35	5,05	0,754	7,40	22,26	25,42	60,13	10,19
Familia 65	10,36	5,50	0,745	8,20	14,30	34,73	52,69	12,82
Mínimo establecido por la Norma DIN (1982)	9 ± 3				8,00		16,00	

**Tabla N° 4: Resultados del Test de Tukey efectuado para los ensayos físicos.**

**Table N°4: Tukey's Test results performed for physical testing.**

Tratamiento	Humedad	Peso Específico	Hinchamiento	
			2 Hs	24 Hs
Familia 15	A	B	A	A
Familia 30	A	A	C	B
Familia 41	A	B	B	A
Familia 65	B	A B	A	A

Letras comunes no son significativamente diferentes ( $p > 0,5$ )

### Humedad:

Al comparar el contenido de humedad de equilibrio, en los paneles aglomerados de las cuatro familias, se observa que los valores medios se encuentran entre 9,53% y 10,36%. La Norma DIN 50014 señala que la humedad de equilibrio para tableros aglomerados debe ser  $9 \pm 3\%$ .

Los paneles de las cuatro familias poseen humedad de equilibrio dentro del rango citado anteriormente, por lo tanto se puede suponer que los paneles ensayados se encontraban en condiciones semejantes de climatizado, factor importante a tener en cuenta, debido a que el contenido de humedad de equilibrio es una de las variables que influyen en las propiedades de los tableros de partículas, Medina (2012 b), Manzano Sosa (2000), Ginzler y Peraza (1966).

### Densidad:

Los valores obtenidos, aunque con pequeñas variaciones, se ajustan a los valores teóricos planificados para la densidad de los tableros;  $0,70 \text{ g/cm}^3$ , de manera similar a lo ensayado por Mendez (2009) y Carranza (2004).

La densidad promedio que presentan los paneles de las cuatro familias, los clasificamos como tableros de densidad media, ya que se encuentran dentro de los rangos señalados por Coronel (2006); FAO (1968); Ginzler y Peraza (1966). Además, las normas DIN 68761 establecen, para tableros de densidad media, un rango de densidades comprendido entre  $0,450 \text{ g/cm}^3$  a  $0,750 \text{ g/cm}^3$ .

### Hinchamiento en 2 y 24 hs:

En éste trabajo no se utilizaron agentes hidrófobos, razón por la cual todas las familias mostraron valores superiores a lo indicado por la norma. De acuerdo a Nacar (2005), Pelen (1998), y Peredo (1988), el agregado de parafinas, ceras u otros agentes hidrófobos mejorarían los resultados. Si bien las cuatros familias presentaron valores altos, los paneles de la familia 30 presentan valores de hinchamiento en 2 y 24 horas, significativamente mayores al resto de las familias, esto podría ser debido a que, la madera de ésta familia posee el valor de "Contracción Volumétrica" más alto, Pan (2013), provocando que los tableros obtenidos con las partículas de madera de la familia 30 tuvieran los mayores valores de hinchamiento.

### Conclusiones

El coeficiente de esbeltez calculado para las diferentes familias presentó valores bajos comparados con los recomendados por la bibliografía. La Familia 65 presentó el mejor coeficiente de esbeltez.

Las propiedades de hinchamiento de los tableros en 2 horas y 24 horas, dieron como resultados valores mayores a los exigidos por las normas DIN, pero comparables con otros trabajos en los cuales no se utilizaron agentes hidrófobos. Los mejores valores de hinchamiento correspondieron a las familias 15 y 65.

Las familias de *Eucalyptus tereticornis* mostraron diferencias significativas en las propiedades físicas ensayadas. Si bien ninguna de ellas presentó valores dentro de los rangos estipulados por normas, la familia 65 expuso mejores los valores respecto del resto.

### Bibliografía

- Cabrera Gaillard, C. 2003. Plantaciones Forestales: Oportunidades para el Desarrollo Sostenible. Serie de Documentos Técnicos N° 6. Instituto de Agricultura, Recursos naturales y Ambiente, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Pp 20.
- Carranza, M. 2004. Geoffroeadecorticans (Gills. X H. et A.). Burk "Chañar". Propiedades y utilización de su madera en la elaboración de tableros aglomerados convencionales de uso exterior y virutas orientadas (OSB). Trabajo final. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp. 143.
- Coronel, E. O. 2006. Productos forestales argentinos. Serie de publicaciones 2006, Instituto de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp 83 – 92.
- DIN - Deustcher Industrie Normen (1996). Berlin. Germany.
- FAO .1968. Tableros contrachapados y otros paneles a base de maderas. Informe de una consulta internacional sobre tableros contrachapados y otros paneles a base de madera. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Pp 250.
- Ginzel, W. y Peraza, C. 1966. Tecnología de los tableros de partículas. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid, España. Pp 187.
- INTA y SAGyP. 1995, Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Buenos Aires, Argentina. Pp 124 – 128.
- INTA CONCORDIA, 1997 Carpeta de información forestal. Concordia, Argentina.
- Mantero, C. 1995. Aptitud de uso de la madera de los eucaliptos colorados para carpintería de obra. Ayuntamiento granada. Nápoles. Página web [http://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=70052318224543124&hl=es&as\\_sdt=2005&sciodt=0.5](http://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=70052318224543124&hl=es&as_sdt=2005&sciodt=0.5) Disponible el día 13 de octubre de 2012.
- Manzano Sosa, A. 2000. Tesis de grado. Propiedades físico - mecánicas de tableros aglomerados de partículas de 12, 16 y 19 mm de una empresa del estado de Durango. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. Pp 65.



- Medina, J. C. 1999. Tableros aglomerados de virutas orientadas de Quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco* Schlecht.). Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Medina, J.C. 2012 a. Guía de estudio cátedra Industrias Mecánicas de la Madera II. Carrera de Ingeniería en Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.
- Medina, J.C. 2012 b. Calidad de los aglomerados. Curso de Postgrado, Programa de Doctorado en Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.
- Mendez, M. 2009. Eucalyptus urophylla Stands wood utilization at two different ages for production of particleboard panels. Revista Cerne, Volumen 15 (3). Universidade Federal de Lavras, Brasil. pp. 288 – 294.
- Nacar, N. et al. 2005. Some of the properties of particleboard panels made from eucalyptus. Página web: <http://www.thefreelibrary.com/Some+of+the+properties+of+particleboard+panels+made+from+eucalyptus.-a0145780428> Disponible el día 16 de septiembre de 2012.
- Normas DIN. 1982. Normen über Holz. Deutsches Institut für Normung e.v. Beuth – Vertrieb GMBH. Berlin, Köln, Frankfurt, Alemania.
- Pan, E. M. et al. 2009. Propiedades tecnológicas de la madera 1ª parte. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Editorial Lucrecia. Santiago del Estero, Argentina. Pp 184.
- Pan, E. M. et al. 2013. Tensiones de crecimiento en madera de familias y progenies de *Eucalyptus tereticornis* plantados en Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Inédito.
- Pelen, P., Poblete, H. e Inzunza, E. 1998. Duramen y albura de Acacia melanoxylon como materia prima para tableros de partículas. Revista Bosque, volumen 19, número 2. Valdivia, Chile. Pp 29-36.
- Peredo, M. 1988. Fabricación de tableros de partículas para uso en exteriores. Revista Bosque volumen 9, número 1. Valdivia, Chile. Pp 35 – 42.
- Poblete, H. 1985. Influencia del tamaño de la partícula sobre las propiedades mecánicas flexión y tracción en tableros de partículas aglomerados con ureaformaldehído. Simposium Pinus radiata Investigación en Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Pp. 241 – 256.
- Salto, C. S. 2008. Variación genética en progenies de polinización abierta de *Eucalyptus tereticornis* Smith. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Pp 46.
- Sanchez Acosta, M, 1996. Tecnología para usos de la madera de eucalipto en Argentina. IV Semader. Curitiba. Brazil. Pp 29 – 52.
- Sanchez Acosta, M. y Sepiarsky, F. 2005. Tecnología de la madera de eucaliptos colorados: propiedades – usos – posibilidades. I Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Pp 21.
- Sotomayor Castellanos, J. R. et al. 2011. Caracterización mecánica de madera reconstituida: tableros aglomerados, contrachapados y enlistonados de madera evaluados con métodos no destructivos. Publicación Investigación e Ingeniería de la Madera, volumen 7, número 1. Morelia, Michoacán, México. Pp 16 – 35.

**RELACIÓN ENTRE MÉTODOS ACÚSTICOS CON PROPIEDADES ANATÓMICAS Y FÍSICO MECÁNICAS DE *Pinus taeda* L. SOMETIDO A RALEOS**

**RELATIONSHIP BETWEEN ACOUSTIC METHODS WITH ANATOMICAL AND PHYSICAL MECHANICAL PROPERTIES OF THINNED *Pinus taeda* L. TRIAL PLOTS**

**Fassola Hugo Enrique<sup>1</sup>, Videla Galaret D.<sup>2</sup>, Winck R.A.<sup>1</sup>, Area M.C.<sup>3</sup>, Crechi E.H.<sup>1</sup>, Keller A. E.<sup>1</sup>, Maestri G.<sup>4</sup>, Mastropaolo J.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472, (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. Tel 54 3751 480512. Email: fassola.hugo@inta.gob.ar

<sup>2</sup>FCF UNaM. Bertoni 124, (3380) Eldorado, Misiones Argentina. Email: dangalaret@hotmail.com

<sup>3</sup>Programa de Celulosa y Papel (PROCYP) - Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Universidad Nacional de Misiones (UNaM) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Posadas, Misiones, Argentina. Email: m\_c\_area@fceqyn.unam.edu.ar

<sup>4</sup>APSA. RutaNac. 12 Km 1588. CP (N3378DDA). Pto Esperanza. Misiones. E-mail: gmaestri@altoparana.com

**Resumen**

Para evaluar propiedades estructurales de la madera se pueden utilizar métodos no destructivos (MND). Para evaluar ejemplares de *Pinus taeda* L. en pie se aplicó ultrasonido y resonancia a sus rollizos basales una vez apeados. Este material procedía de los 4 tratamientos de raleo (0%, 50 %, 75 % y 87 %) sin poda de un ensayo. Los rollizos fueron aserrados y de las tablas obtenidas se obtuvieron probetas clear con las que se evaluó módulo de elasticidad (MOE) y módulo de rotura estático (MOR), además de las contracciones. Con una muestra de tablas, mediante vibración transversal, se obtuvo el MOE dinámico promedio del rollizo. Del disco obtenido a 1,30 m de altura se analizó la variación del largo y espesor de las fibras y el ángulo microfibrilar. Los valores obtenidos de MND y las propiedades físicas mecánicas y anatómicas se correlacionaron. Se encontró asociación entre tratamientos, MND y algunas de las propiedades anatómicas y físico mecánicas.

**Palabras clave:** métodos acústicos, propiedades físico mecánicas, propiedades anatómicas, madera estructural, *Pinus taeda*.

**Summary**

The structural wood will become more important in the construction methods of the country. In recent years in other countries it was possible to identify from the harvest, trees with better structural skills using acoustic methods (NDW). To evaluate these NDW acoustic methods it were applied to standing trees, logs and timber of *Pinus taeda*. They came from the 4 thinning treatments (0 %, 50 %, 75 % and 87 %) from a silvicultural trial located in the Upper Paraná region of Argentina. Thereafter the logs were sawn and clear specimens were obtained and static MOE and MOR was determined, also the contractions modulus. The discs obtained at 1.30m were used to analyze the variation in the radial sense of the length and thickness of the fibers and also the microfibril angle. With the values obtained by the NDW and the results from mechanical and physical properties and

anatomic properties, a correlation analysis was performed. Significant positive association between treatments, MND and some physical mechanical and anatomical properties were found

**Key words:** acoustics methods, physical and mechanical properties, anatomical properties , structural wood , *Pinus taeda* .

## Introducción

El cambio climático global genera la necesidad de recurrir al empleo de materiales con menor potencial de calentamiento global. La madera brinda esa posibilidad frente a otros materiales. Sin embargo el uso de madera en la construcción en la Argentina es bajo, más aun en el caso de usos estructurales. Por el contrario en el mundo su uso está se ampliando e iniciando una etapa ya de competencia con el hormigón, dadas las ventajas que se están encontrando a nuevos desarrollos, como algunos tipos de tableros. En una faz inicial se encuentran los CLT (Cross Laminated Timber). Este tablero está permitiendo el desarrollo de edificaciones de hasta 34 pisos, como la planificada para ejecutar en Estocolmo y que podrían desarrollarse en la región sin grandes exigencias de inversión.

Estos desarrollos exigen clasificar la madera para usos estructurales. Hoy día es posible tipificar tablas y vigas en la línea de producción con métodos no destructivos (MND), pero en los últimos años los MND han pasado a ser operativos también para clasificar árboles en pie y rollizos, dejando la faz investigativa (Huang, 2011 com. pers.). El uso de MND para tipificar árboles en pie y rollizos, de acuerdo a lo determinado por Santaclara Estévez y Merlo Sánchez (2013), permite a la industria una mejora en la eficiencia que se traduce a un ahorro de € 6,20 por tonelada procesada de rollizos.

En nuestro país los MND, acústicos y por vibración, para tipificar árboles en pie, rollizos, tablas y vigas iniciaron su aplicación en el plano investigativo a partir de 2008. Fasola *et al.* (2013) encontraron una asociación positiva significativa del tiempo de traslado de la ondata ultrasonido en árboles en pie de *Pinus taeda*, los tratamientos silvícolas y el dap. La relación estrecha entre esta determinación y el MOE dinámico en rollizos y el MOE dinámico en tablas de esos árboles obtenidos por MND de resonancia y vibración conjuntamente con los resultados de Videla *et al.*, (2013), que encontraron una asociación significativa entre el MOE dinámico y el MOE estático de las tablas analizadas, permiten coincidir con Santaclara y Merlo (2013), en que son métodos eficientes para tipificar árboles en pie y rollizos para optimizar el rendimiento de madera estructural.

Sin embargo se carece de antecedentes locales sobre la relación entre los MND basados en sonido, resonancia y vibración con características anatómicas de la madera y propiedades físico mecánicas estáticas a partir de probetas clear. A los fines de determinar la existencia o no de relación entre estos MND y el ángulo microfibrilar, el espesor de las fibras y el largo de las mismas se obtuvieron muestras de los tratamientos de raleo de un ensayo silvícola de *Pinus taeda* ubicado en norte de Misiones.

## Materiales y métodos

Para establecer la presencia de relaciones entre esas propiedades anatómicas y físico mecánicas de la madera a partir de variables del rodal y del árbol, conjugados con MND se procedió a aplicar los mismos a ejemplares de *Pinus taeda* obtenidos de un ensayo de raleo.

### *Caracterización del rodal*

La plantación de *Pinus taeda*, ubicada en el lote 13A, propiedad de la Empresa Alto Paraná S.A., en Puerto Bossetti, Departamento Iguazú, provincia de Misiones, Argentina, cuyas coordenadas son 26° 18' S y 55° 38' O, fue realizada en 1992 con una densidad inicial de 1990 plantas por hectárea. En 1995 se instaló el ensayo de raleo. Se adoptó un diseño sistemático clinal en fajas, considerando una faja sin raleo (0%) y fajas con un 50 %, 75 % y 87,5 % de la densidad original (1960 plantas/ha). Cada faja contó con una bordura perimetral. El ensayo quedó constituido por cuatro tratamientos: T0=0%, T1=50%, T2=75% y T3=87% de raleo de la densidad original, con 1960, 980, 490 y 245 plantas por hectárea respectivamente. Los restantes tratamientos del ensayo silvícola original no fueron incorporados (Fassola *et al.*, 1997; Winck, 2013; Fassola *et al.*, 2013).

Las pseudo réplicas correspondientes a cada uno de los tratamientos evaluados fueron medidas, tomándose el dap y se seleccionaron 6 árboles de cada tratamiento (24 en total), sin condición de borde, con buen estado sanitario, con fustes derechos. Para la selección se tuvo en cuenta su posición fitosociológica: suprimidos (S), codominantes (CD) y dominantes (D), se tomaron 2 ejemplares de cada estrato (Köhler *et al.*, 2006). Cada árbol fue correctamente identificado (número de árbol y lado norte), midiéndose el dap con cinta dendrométrica y procediéndose a determinar la velocidad del tiempo de traslado de la onda de ultrasonido entre los sensores de un equipo SilvatestDuo<sup>®</sup>. Estos ejemplares se apearon, y por encima de 1,30 m se trozaron y se obtuvieron rollizos de 2,8 m de largo, 24 en total, en los cuales se determinó el MOE dinámico mediante resonancia empleando la Transformación Rápida de Fourier (FFT) (Fakopp, 2012), una vez obtenido el peso verde de las rodajas de 2,5 cm de espesor ubicadas a 1,30 m y en el extremo de la troza (Fassola *et al.*, 2013). Los discos obtenidos del extremo de cada rollizo fueron empleados para determinar densidad básica en 3 posiciones a partir de la médula (Winck, 2013). Similar criterio se empleó para determinar en los discos las características anatómicas largo de fibras, espesor de pared y ángulo microfibrilar (AMF).

Los rollizos posteriormente fueron aserrados en la empresa Pindó SA obteniéndose tablas de 1 pulgada de espesor y anchos variables. Las tablas se secaron en cámara y una vez secas, se diseñaron y se elaboraron las probetas "clear" para determinar contracción, hinchamiento, coeficiente de contracción, anisotropía, módulo de elasticidad y módulo de rotura a la flexión estática y compresión paralela a las fibras (Winck, 2013). Las tablas que no fueron empleadas para la elaboración de probetas fueron utilizadas para determinar el MOE estático en máquina universal.

En la **Tabla 1** se presentan las variables estudiadas y los distintos métodos empleados.

**Tabla 1: Variables acústicas, anatómicas y propiedades físico mecánicas y el método de análisis empleado en árboles, rollizos, tablas y probetas de *Pinus taeda*.**

**Table 1: Measured acoustic, anatomical and physical mechanical properties and the method of analysis used in trees, logs, lumber and specimen of *Pinus taeda*.**

		Altura de toma de la muestra	Metodología
Velocidad de la onda de Impacto		Árbol en pie	Ultrasonido Silvatest duo
Propiedades Mecánicas	MOE dinámico de rollizos y tablas MOE estático de tablas en máquina universal	Troza de 2,80m inmediata sobre 1,30 m del suelo	FFT (Fakopp), Metriguard E-340 Máquina Universal
Caracteres Anatómicos	Longitud de traqueidas.	Rodaja a 1,30 m	Macerado: Franklin (modificado), Mediciones con Software para imágenes, siguiendo Normas IWA
	Espesor de pared celular.		
	Angulo microfibrilar.		
	% de leño tardío.		
Propiedades Físicas	Densidad básica a 1,30m.	rodaja a 1,30 m	Norma IRAM 9544
	Densidad básica media de la troza.	rodaja a 1,30 m y 4,10 m	
	Contenido de humedad.	Troza de 2,80 m inmediata sobre 1,30 m del suelo	Norma IRAM Nº 9532
	Contracción e hinchamiento volumétrico.		Norma IRAM 9543
	Coefficiente de contracción.		
	Punto saturación de fibras.		
	Anisotropía.		
Propiedades Mecánicas	MOE y MOR a la flexión estática.	Troza de 2,80m inmediata sobre 1,30 m del suelo	Normas DIN 52186 e IRAM 9542
	MOE y MOR a la compresión paralela a las fibras.		

#### *Análisis de los datos*

Con los datos de inventario de las parcelas se estimaron los valores promedio de DAP (m), H (m), Hdom (m), G (m<sup>2</sup>/ha) e índices de densidad como el número de árboles (árb/ha), el de Reineke (IDR) y el de HartBecking (FE), aplicables ya que las parcelas no estaban podadas. El apeo de los árboles selectos permitió obtener variables como la altura total (h, m), la altura de la base de la copa verde (hbcv, m), el diámetro en la base de la copa viva (dbcv, m).

Estas variables y los valores obtenidos en los ensayos de MOE y MOR estáticos a la flexión y a la compresión con probetas clear, los valores de contracción axial, radial y longitudinal y los valores de ángulo microfibrilar, longitud de fibras y espesor de fibras obtenidos en las tres posiciones, cercano a la médula, intermedia y externa, como también sus valores promedio, fueron correlacionadas con los valores obtenidos por MND en los árboles en pie y en los rollizos.

## Resultados

En la **Tabla 2** pueden observarse los valores de las variables de estado de los rodales analizados de *Pinus taeda* a los 20 años de edad. De la misma surge el alto grado de ocupación del sitio que evidencian los tratamientos que originalmente contaban con 1960 y 816 árb/ha, siendo mayores los niveles de competencia en la actualidad en tratamiento original de 980 árb/ha debido a la mortalidad ocurrida en el primero.

**Tabla 2: Variables de estado de las parcelas de *Pinus taeda* analizadas**

**Table 2: State variables of the analyzed plots**

Densidad Inicial árb/ha	Densidad actual árb/ha	G m <sup>2</sup> /ha	DAPq cm	H m	Hdom m	FE	IDR
1960	915	42,06	24,2	21,7	26,1	12,7	846
980	688	49,80	30,4	24,1	28,75	13,3	916
490	444	39,77	33,8	25,6	28,7	16,5	701
245	208	29,71	42,6	24,8	27,1	25,6	478

Densidad Inicial: árboles/ha luego raleo a los 3 años; G área basal; DAPq: diámetro cuadrático promedio a 1,30m; H: altura promedio del rodal; Hdom: altura dominante; FE: índice HartBecking; IDR: índice de Reineke

En la **Tabla 3** se presentan los valores promedio, máximo y mínimo de los árboles apeados en cada tratamiento.

**Tabla 3 : Variables de los árboles analizados de *Pinus taeda***

**Table 3: State variables of analyzed *Pinus taeda* trees**

Tratamiento	Valor	dap cm	h m	hbcv m
1	promedio	26,4	24,2	16,3
1	máximo	33,4	26,8	17,3
1	mínimo	18,6	21,0	15,3
2	promedio	29,4	24,9	15,6
2	máximo	47,7	29,5	19,2
2	mínimo	19,4	19,1	11,2
3	promedio	34,1	26,1	14,7
3	máximo	42,3	29,3	16,9
3	mínimo	18,1	18,3	11,5
4	promedio	43,6	25,5	11,0
4	máximo	47,7	28,5	15,3
4	mínimo	38,0	21,5	6,6

Para establecer las correlaciones se recurrió al coeficiente de Spearman debido a la falta de normalidad de los datos. Dada la cantidad de variables analizadas sólo se presentan los principales resultados. Como resultado del análisis de correlación se determinó que no había asociación entre largo y espesor de fibra, resultando ello llamativo. Sí, en cambio, presentó un grado de asociación significativo al 0,05 % la velocidad del ultrasonido en árboles en pie con ángulo micro fibrilar de la muestra externa (AMF-C), lo cual es lógico ya que los sensores no penetran más de 4 cm en el árbol, esta asociación resultó mayor al analizar las tablas por vibración, en el caso de rollizos aunque no fue significativa la correlación. Con el Método FFT (resonancia) se obtuvieron mejores resultados (Tabla 4).

**Tabla 4: Coeficientes de correlación entre MND y ángulo microfibrilar de *Pinus taeda***  
**Table 4: Correlation coefficients between NDW and microfibrillar angle of *Pinustaeda***

	AMF-A %	AMF-B %	AMF-C %	AMF Medio %
Veloc Long Arboles (m/seg)	-0,09	-0,07	-0,44*	-0,25
Vel Long Troza (m/seg)	-0,2	-0,28	-0,22	-0,21
MOE FFT Troza (GPa)	-0,31	-0,37	-0,35	-0,35
MOE Metrig (Gpa)	-0,29	-0,54*	-0,65**	-0,59*

AMF: ángulo microfibrilar; A: muestra cercana a la médula; B: muestra posición intermedia; C: muestra externa

Al establecer la correlación entre los MND con el MOE y MOR a la flexión de las probetas, considerando su posición radial se estableció que sólo la resonancia de rollizos y el método por vibración de tablas exhibieron asociaciones significativas. Esta situación fue totalmente diferente al analizar MOE y MOR estáticos a la compresión, donde mejoró la asociación con la velocidad del ultrasonido en árboles en pie y sustantivamente al analizar las tablas por vibración (Tablas 5 y 6).

**Tabla 5: Coeficientes de correlación entre MND y MOE y MOR a la flexión estática en *Pinus taeda***  
**Table 5: Correlation coefficients between NDW and MOE and static bending MOR in *Pinus taeda***

	MOE-F-I %	MOE-F-E %	MOE-F-Media %	MOR-F-I %	MOR-F-E %	MOR-F-Media %
Veloc Long Arboles (m/seg)	0,32	0,19	0,34	0,22	0,2	0,34
Vel Long Troza (m/seg)	-0,25	4,30E-03	-0,05	-0,36	0,05	-0,01
MOE FFT Troza (GPa)	0,14	0,3	0,33	0,14	0,34	0,4*
MOE Metrig (Gpa)	0,44*	0,7	0,79**	0,29	0,75**	0,82**

MOE: Módulo de elasticidad estático; MOR : Módulo de rotura estático; F: Flexión; I : interno; E : externo

**Tabla 6: Coeficientes de correlación entre MND y MOE y MOR a la compresión estática en *Pinus taeda***

**Table 6: Correlation coefficients between MOE and MOR MND and static compression in *Pinus taeda***

	MOE-C-I %	MOE-C- E %	MOE-C-Media %	MOR-C-I %	MOR-C- E %	MOR- C- Media %
Veloc Long Arboles (m/seg)	0,35	0,47*	0,49*	0,29	0,42*	0,5*
Vel Long Troza (m/seg)	0,51*	0,37	0,44*	0,25	0,21	0,24
MOE FFT Troza (GPa)	0,41*	0,65**	0,61**	0,23	0,54**	0,5*
MOE Metrig (Gpa)	0,44*	0,76**	0,72**	0,34	0,85**	0,76**

Al analizar las contracciones no se encontró relación con la velocidad del ultrasonido en el árbol en pie, sí fueron significativas las relaciones entre el MOE determinado por vibración con las contracciones tangenciales (CTg) , longitudinales (CAx) y volumétrica (CVol) (Tabla 7)

**Tabla 7: Coeficientes de correlación entre MND y módulos de contracciones en *Pinus taeda***

**Table 7: Correlation coefficients between MND and modules contraction sin *Pinus taeda***

	CTg %	CRd %	CAx %	CVol %
Veloc Long Arboles (m/seg)	0,02	0,11	-0,15	0,04
Vel Long Troza (m/seg)	-0,37	0,22	-0,17	-0,08
MOE FFT Troza (GPa)	-0,22	0,39	-0,06	0,11
MOE Metrig (Gpa)	0,42*	0,26	0,05*	0,45*

Aunque no se presenta la tabla para el caso de árboles en pie y rollizos las variables de árboles como el dap, las relativas a la copa y para rollizo también el ahusamiento tuvieron asociaciones significativas con los MND y variables relativas a propiedades físico mecánicas, mereciéndose destacar también la densidad básica, tal como ocurrió en otras evaluaciones (Fassola *et al.*, 2011)



## Conclusiones

Con los resultados alcanzados en esta evaluación se puede afirmar que podría predecirse el ángulo microfibrilar en *Pinus taeda* recurriendo a evaluaciones en árboles en pie mediante ultrasonido, aunque los modelos deben incluir variables del rodal y del árbol, ya que estos tienen influencia en los valores que pueda alcanzar esta característica anatómica. Estos resultados y los alcanzados anteriormente reflejan la aptitud de los MND para ser empleados en selección genética.

Los valores de MOE dinámico por vibración transversal mediante Metriguard E-340 tienen una asociación positiva y significativa con los de AMF. Los valores obtenidos de largo de fibra y espesor de paredes debieran ser revisados, dado que no está claro el hecho de falta de correlación con los MND, especialmente el largo de fibras.

Los métodos acústicos también han exhibido que pueden utilizarse para predecir los módulos de elasticidad y de rotura a la compresión, dados el buen grado de asociación, lo cual es comprensible dado que el sonido se traslada longitudinalmente a lo largo de las piezas analizadas.

## Agradecimientos

Se agradece a la empresa Alto Paraná el apoyo recibido a lo largo de 20 años, también a la Unidad para el Cambio Rural (UCAR que financió este trabajo a través de los Proyectos Plantaciones forestales Sustentables con los PIA 10003 y 10004 y a INTA que contribuyó con los fondos del Proyecto Nacional Forestal 042111 y 1004074.

## Bibliografía

- Fakkop Enterprise. 2012. Disponible en: [www.fakkop.com](http://www.fakkop.com). Mayo de 2012.
- Fassola H. E., Gelid de Ruibal M. 1997. Diámetro máximo sobre muñones al momento de la primera poda en árboles dominantes de *Pinus taeda* L. del depto. Iguazu, Misiones. INFORME TÉCNICO N° 19 .pp 7.
- Köhl, M.; Magnussen, S.; Marchetti, M.. 2006. Sampling Methods". Remote Sensing and GIS. Multiresource Forest Inventory. Ed. Springer. Berlin. Heidelberg. Serie Tropical Forestry. 17-69. 2006.
- Fassola H. E., Videla Galaret D., Winck R. A., Maestri G.; Mastropaolo J. 2013. Factibilidad de la clasificación de árboles en pie y rollizos de *pinus taeda* por sus aptitudes estructurales mediante métodos acústicos. Disponible en CD Actas IV congreso forestal Argentino y Latinoamericano.
- Santaclara Estévez, o., Merlo Sánchez, E. 2013. Disponible en cd: Actas del 6to Congreso Forestal Español. Implicaciones financieras de la evaluación de calidad estructural de la madera sobre árboles en pie y trozas de *Pinus pinaster* mediante métodos no destructivos.
- Videla D., Fassola H.E., Winck R.A., Suieresz M.T., Bragaño A. Clasificación de tablas de *Pinus taeda* para uso estructural por método vibración transversal y su validación con ensayos destructivos en máquina universal. Actas IV Cong. Ftal. Arg. y Latin., disponible en CD -70, Pp 1.
- Winck. R. A. 2013. Influencia del raleo sobre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Pinus taeda* L. de la región NE de la Argentina. Tesis presentada a la Universidad Nacional de Misiones como exigencia parcial de la Maestría en Ciencias de la Madera Celulosa y Papel, Orientación en Tecnología de la Madera. Posadas. Pp 102.

**EFICÁCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE ABATE DE ÁRVORES DE  
*Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN**

**EFFECTIVENESS OF DIFFERENT METHODS OF SLAUGHTER OF TREES  
*Eucalyptus grandis* W. HILL EX MAIDEN**

**Tavares<sup>1</sup>, Everton Lorenzetti; Cabreira<sup>2</sup>, Mariana A. Fontana; Miranda<sup>3</sup>, [Fabiani das Dores Abati](mailto:Fabiani.das.Dores.Abati@utfpr.edu.br); Souza<sup>4</sup>, Marcos Aurélio Mathias de.**

1. Aluno de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Guarapuava. E-mail: [evertontavares1@hotmail.com](mailto:evertontavares1@hotmail.com).
2. Aluna de graduação em Engenharia Florestal da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos. E-mail: [mahfontana@hotmail.com](mailto:mahfontana@hotmail.com).
3. Eng. Cartógrafa. Dra. Professora do curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos. Estrada p/ Boa Esperança, km 4 – CEP: 85660-000. Dois Vizinhos, PR. E-mail: [fabiani@utfpr.edu.br](mailto:fabiani@utfpr.edu.br)
4. Eng. Florestal, Dr., Professor do curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos. Estrada p/ Boa Esperança, km 4 – CEP: 85660-000. Dois Vizinhos, PR. E-mail: [marcosaurelio@utfpr.edu.br](mailto:marcosaurelio@utfpr.edu.br)

**Resumo**

As florestas plantadas vêm crescendo gradativamente no país e os estudos em relação as suas características estão se tornando mais frequentes, visando sempre o rendimento e a qualidade da madeira. Diante desse contexto, esta pesquisa visa avaliar a eficácia de técnicas que levam à árvore à morte. Para tanto, a mesma foi realizada em um talhão de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden pertencentes à empresa Salette R. Martinelli Madeiras, localizado no município de Reserva do Iguaçu - Paraná, O experimento foi realizado com 72 árvores com 5 anos de idade, e as técnicas utilizadas foram: anelamento com o auxílio de um motosserra, químico com o uso de herbicida sistêmico que levam a árvore à morte e a testemunha que não sofreu nenhuma técnica, sendo considerado vinte quatro árvores por tratamento. Observou-se que as técnicas foram eficientes e o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o químico.

**Palavras chaves:** *Eucalyptus grandis*. Método com Anelamento. Método químico.

**Summary**

Planted forests have been growing gradually in the country and studies regarding their characteristics are becoming more frequent, always seeking the performance and quality of wood. Given this context, this study aims to evaluate the effectiveness of techniques that lead to tree death. Therefore, the same was done in a stand of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden belonging to the enterprise Salette R. Martinelli Woods, located in the city of Falls Book - Paraná, The experiment was conducted with 72 trees 5 years old, and the techniques used were: annealing with the help of a chainsaw, chemist with the use of systemic herbicide that lead to tree death and the witness who suffered no technique being considered twenty four trees per treatment. It was observed that the techniques were effective and the treatment that showed the best result was the chemist.

**Key words:** *Eucalyptus grandis*, Girdling method, Chemical method.

## Introdução

Atualmente o Brasil vem se destacando no cenário tecnológico internacional na área de silvicultura, principalmente na produção de madeira de *Eucalyptus* spp. e *Pinnus* spp., porém suas áreas de florestas plantadas é considerada pequena quando comparada com as de floresta nativa, desta forma existe uma certa preocupação relacionada a disponibilidade de matéria-prima para o setor madeireiro do país.

Buscando reduzir a extração das florestas nativas e o custo de produção, houve a necessidade de estudos que analisam novas espécies florestais para que possam substituir as espécies nativas e suprir a necessidade do setor florestal.

Deste modo o *Eucalyptus* spp. se destaca, pois apresenta características que suprem certas necessidades do setor madeireiro, conquistando o mercado devido suas boas características físicas e mecânicas, apresentando índices bons de incremento devido sua característica de rápido crescimento possibilitando estabelecer programas de produção florestal.

Devido sua boa adaptação ecológica no Brasil e sua qualidade satisfatória da madeira, o *Eucalyptus* spp. vem sendo plantado vastamente para suprir diversas finalidades, entretanto sua utilização em serrarias não é muito significativa devido a disponibilidade de madeiras de espécies nativas e ainda por falta de informações técnicas sobre a sua madeira (Tavares, 2013).

Entretanto, a madeira de *Eucalyptus* spp. apresenta algumas dificuldades quanto à utilização como madeira, podendo ocorrer consequente das tensões de crescimento e dos colapsos ocorridos durante a secagem. Desta forma buscam-se métodos de abate de árvores que reduzam as perdas de madeira.

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo testar a eficácia de técnicas que levam a árvore à morte, para que possa aperfeiçoar a produção madeireira.

Existindo uma hipótese que as técnicas são eficientes na morte das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em pé, e a outra hipótese é que as técnicas não levaram as árvores de *grandis* W. Hill ex Maiden à morte.

## Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo, utilizou-se 72 árvores com 05 anos de idade, dispostas em um espaçamento 2,5 X 2,5m, tendo os diâmetros da altura do peito (DAP) variando de 10 a 24 cm, provenientes de um talhão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden pertencentes à empresa Salete R. Martinelli Madeiras. A madeira proveniente deste talhão é produzida para fins múltiplos, tais como construção civil, mourões, palanques e energia.

Este talhão de estudo localiza-se no município de Reserva do Iguaçu - Paraná, com altitude média de 900m, clima Cfb - Clima temperado propriamente dito, temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR 2012).

O experimento empregou técnicas que levam a árvore à morte em pé, as técnicas utilizadas foram de anelamento e químico sendo avaliadas junto à testemunha que não sofreu nenhuma técnica. Ressalta-se que em cada tratamento foram utilizadas 24 árvores.

Método com anelamento – anelou-se a árvore utilizando um motosserra, sendo realizado na base da mesma com dez centímetros de altura, com uma seccionando transversalmente em 1/3 de profundidade o raio da árvore.

**Figura 1- Método com anelamento de árvore 1/3.**  
**Figure 1 –Method tree girdling with 1/3.**



**Fonte: Tavares 2013.**  
**Source: Tavares 2013**

Método químico – constituíram-se em descascar cinquenta centímetros da base da árvore acima do chão utilizando um facão, aplicando na seqüência o herbicida sistêmico, com formulação Triclopir-butotílicopertencente ao grupo químico ácido piridiniloxialcónico e Picloram ao grupo químico ácido piridinocarboxílico. Os mesmo foram utilizando na concentração de 10% conforme a recomendação do fabricante.

**Figura 2 - Método químico com herbicida sistêmico.**  
**Figure 2-Chemical method with systemic herbicide.**



**Fonte: Adaptado de Tavares (2013)**  
**Source: Adapted fromTavares (2013)**

Testemunha – não ocorreu nenhuma técnica nestas árvores.

Após a realização do experimento esperou-secinquenta dias para realizar a avaliação do estudo.

Com os resultados do estado das árvores realizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com a avaliação das sessenta árvores, sendo que a estatística foi realizada com intuito de verificar as interações entre os métodos que levaram as árvores à morte, sendo geradas com o auxílio do programa ASSISTAT Versão 7.6 beta (2011).

## Resultados e Discussão

A **tabela 1** apresenta os resultados médios das técnicas que levaram as árvores à morte.

**Tabela 1: Resultados médios das técnicas que levaram as árvores à morte.**  
**Table 1: Average resultsof the techniquethat made thtreesto death.**

Técnica	Árvores vivas
Testemunha	1,00000 a
Anelamento	0,29167 b
Químico	0, 20833 b
Dms	0,24872
CV(%)	71.90

Dms - Diferença Mínima Significativa, CV - Coeficiente de variação.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade sendo utilizado o programa ASSISTAT Versão 7.6 beta (2011) para a realização dos cálculos estatísticos.

Conforme o delineamento inteiramente casualizado, observou-se que as técnicas que levaram as árvores à morte foram eficientes como observado na tabela anterior, comprovando desta forma a hipótese de que as técnicas são eficientes.

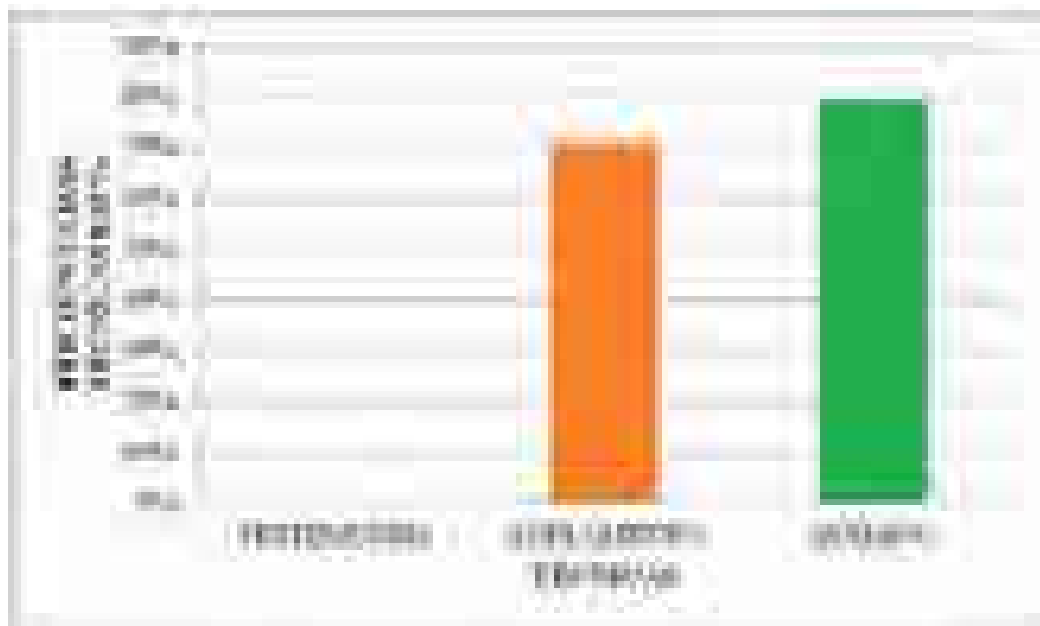
Notou-se que a técnica com anelamento não atingiu os 100% das mortes das árvores, considerando que isso possa ter ocorridopelo motivo de algumas árvores não apresentarem a medula concêntrica, fazendo com que restasse alburno no tronco da árvore e as mesmas conseguissem sobreviver.

É importante ressaltar que logo após a execução do experimento ocorreu uma chuva, fazendo com que houvesse redução no tempo e na quantidade de herbicida aplicado na base das árvores.

Porém, mesmo com as dificuldades encontradas observou-seum bom resultado obtido pelas técnicas que levaram a morte das árvores, percebendo que quando manejamos tecnicamente uma floresta conseguimos maximizar os recursos disponíveis.

Quando expressa-se os resultados obtidos com a tabela 1 graficamente, fica evidente a eficácia das técnicas em levar as árvores à morte, pois é possível visualizar os valores, observando a discrepância dos resultados obtidos conforme o Gráfico 1.

Comprovam-se os resultados de Van Wyk (1978), Aguiar e Jankowsky (1986), e Malan (1979), que identificaram que o anelamento é uma técnica eficiente em levar árvores de *Eucalyptus* spp à morte, conseqüentemente reduzindo a ação das tensões internas da árvore. Também Matos et al. (2003) e Yamamoto (2005), utilizaram herbicida como técnica para levar as árvores à morte.



**Gráfico 1: Resultados médios das técnicas que levaram as árvores à morte.**

**Chart 1: Average results of the techniques that made the trees to death.**

**Fonte: Os autores (2014).**

**Source: The authors (2014).**

## Conclusão

Concluiu-se que as técnicas foram eficientes em seu propósito em levar às árvores a morte, mesmo não ocorrendo diferenciação estatística entre as técnicas, notou-se que a técnica química destacou-se assim sendo mais eficaz em relação à outra técnica.

Estas técnicas fazem com que possamos reduzir as perdas de madeira relacionada a rachaduras na hora da derrubada da árvore, fazendo com que aumentássemos a quantidade de madeira e conseqüentemente o lucro.

## Agradecimentos

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## Bibliografia

- AGUIAR, Osmar José Romeiro; JANKOWSKY, Ivaldo. Pontes. **Prevenção e controle de rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis***. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, n.33, p.39-46, 1986.
- IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná**, Londrina, PR, 2012. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.
- MALAN, F. S. The control and splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p. 14 – 8. 1979.
- MATOS, Jorge Luis Monteiro; IWAKIRI, Setsuo; ROCHA, Márcio Pereira da ; PAIM, Ricardo Mayvorme; ANDRADE, Luiz Otávio de. Redução do efeito das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n 64, p. 128-135, dez., 2003.
- TAVARES, Everton Lorenzetti. **Avaliações de métodos para redução de rachaduras de topo de toras de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex maiden**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Florestal – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2013. 54p.
- VAN WYK, J. L. Hardwood sawmilling can have a bright future in South Africa. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v.109, p. 47 – 53, dez., 1978.
- YAMAMOTO, Hiroyuki. **Biomechanics of wood-toward utilization of Forest biomass in the 21st century**. 2005. 164 p. Tese (Pós-Doutor em Ciências Florestais/Setor de Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

**ESTRUCTURA y DIVERSIDAD DE UN BOSQUE DEGRADADO EN VILLA DOS TRECE, FORMOSA**

**STRUCTURE AND DIVERSITY GRADIENT IN A FOREST VILLA TWO THIRTEEN, FORMOSA**

**Sirka, César. E.<sup>1</sup>; Oviedo, Miguel.<sup>2</sup>** (At equo)

1,2. Universidad Nacional de Formosa- Facultad de Recursos Naturales- Avda. Gdor. Gutnisky 3.200. (3.600) Formosa-Argentina. e-mail: cesirka@yahoo.com.ar; mal\_oviedo@yahoo.com.ar

**Resumen**

El objetivo del presente trabajo determinó la composición y estructura de un bosque degradado en la localidad de Villa Dos Trece, Formosa. Se inventariaron 25 especies, agrupadas en 15 familias. El estrato arbustivo compuesto por 61 % de las especies y el arbóreo 39 %. Las especies más abundantes: *Pouteria gardneriana*, *Trichilia catigua* y *Eugenia Pungen*, *Diplokeleba floribunda* y *Phyllostylon rahmnoides*. El área basal 8,82 metros cuadrado por hectáreas, 4,12 del estrato arbóreo y 4,70 del arbustivo. El índice de valor de importancia (IVI) indica la mayor importancia que adquieren las especies del estrato arbustivo. Los valores del índice de Margalef, indican aceptable diversidad de especies y los de Simpson y Berger – Parker, indican dominancia de especies del estrato arbustivo. El índice Shannon- Wiener (0,55 a 059) muestra un bajo nivel de equidad, mostrando distribución desuniforme de individuos en las parcelas, sino que existe predominio de las especies del estrato arbustivo sobre el arbóreo.

**Palabras clave:** Composición, Estructura, Bosque degradado

**Summary**

The aim of this study determined the composition and structure of a degraded forest in the town of Villa Dos Trece, Formosa; 25 species were inventoried, grouped into 15 families. The shrub layer consists of 61 % of the tree species and 39 %. The most abundant species: *Pouteria gardneriana*, *Trichilia catigua* and *Eugenia Pungens*, *Diplokeleba floribunda* and *P. rahmnoides*. The basal area 8.82 square meters per hectare, 4.12 and 4.70 of the tree layer of the shrub. The (IVI) indicates the enhanced importance of the species in the shrub layer. The Margalef index values indicate acceptable species diversity and Simpson and Berger - Parker, indicate dominance of species of shrub layer. The Shannon -Wiener (0.55 to 059) index shows a low level of equity, showing uneven distribution of individuals in the plots, but there is a predominance of species of the shrub layer on tree.

**Key words:** Composition, Structure, Degraded forest

## **Introducción**

En el parque chaqueño, los bosques se encuentran muy deteriorados, con explotaciones forestales limitadas a extracciones de especies de valor comercial, agravada por las altas tasas de deforestación, para agricultura y en menor medida a la ganadería, proceso este acentuado en los últimos años debido a la especulación inmobiliaria, generando problemas ambientales, sociales y económicos. Jiménez y Moglia, citado por (Tortorelli L. 2009).

Esta progresiva degradación, modifica la estructura y composición de los mismos, favoreciendo la instalación de especies de escaso valor comercial, que tornan insostenible la presencia del recurso, por competencias del uso del suelo con otras actividades.

Para lograr alternativas de recuperación eficiente de los bosques degradados, es necesario conocer indicadores de estructura y composición, de este modo aplicar técnicas silviculturales más adecuadas, tendientes a recuperar la productividad.

Las motivaciones para recuperar un bosque, están en aumento, debido entre otros, a los bajos rendimientos de cultivos agrícolas, disponibilidad de materias primas a corta distancia y existencia de incentivos económicos para promover estas actividades a través de la ley 26331/07 de presupuestos mínimos para bosques nativos.

En este sentido el presente estudio pretende conocer parámetros indicativos del estado de degradación de bosques nativos de la zona de Villa Dos Trece, Formosa, ubicada en la región oriental del parque chaqueño.

El conocimiento de estos parámetros permitirá compatibilizar la mayor producción con la conservación, en este sentido es importante reconocer que existen muchos vacíos de información en relación con la dinámica y los procesos ecológicos de las comunidades vegetales de esta región, también sobre su estructura y composición.

## **Objetivo general**

Determinar la composición y estructura de un bosque degradado en la localidad de Villa Dos Trece, Formosa.

## **Objetivos específicos**

1. Describir la característica estructural del bosque degradado en términos de Abundancia, frecuencia, dominancia e IVI.
2. Evaluar la composición, en términos de riqueza y diversidad utilizando los siguientes índices: Índice de Margalef; Simpson y Berger-Parker y Shannon

## **Antecedentes**

Las alteraciones producidas en bosques tropicales, como consecuencia de explotaciones selectivas, han inducido a efectuar investigaciones desde una perspectiva más integral, abarcando la dinámica de las especies vegetales, buscando dar sentido a las especies como integrantes de comunidades vegetales y como parte de un ecosistema en permanente adaptación a factores externos e internos (FAO 2011).

Estas acciones, no solo se producen como consecuencia de su sobreexplotación, sino también por técnicas y sistemas de extracción inapropiadas, lo que sin ninguna duda induce al deterioro del capital productivo del bosque (Donoso, 1993).

El efecto del aprovechamiento selectivo de especies y productos forestales han originado desvalorización del bosque, siendo importante, establecer criterios e indicadores cuantitativos de impacto de distintos aprovechamientos de forma tal, de predecir las consecuencias sobre la productividad, el rendimiento y sus efectos sobre el medio (Zamorano Elgueta, C. 2009).



La corta de árboles selectivos, tiene un considerable impacto en la estructura del bosque, produciendo cambios en la distribución de especies arbóreas de valor comercial en beneficio de las indeseables, quedando estos bosques esquilmo, sin posibilidad de recuperación desde el punto de vista productivo. (Unasyva, 2012)

Para un uso racional del bosque y para la elaboración de planes de manejo es necesario contar con información sobre estructura y composición, así como con información sobre el crecimiento y supervivencia de las especies arbóreas, especialmente información sobre la dinámica (mortalidad y crecimiento) que es muy escasa. (Montagnini *et al* 1998)

El conocimiento de las características estructurales y de composición de un bosque, constituye la base de un aprovechamiento racional, a partir de un primer análisis que revele cual es la situación actual, de las comunidades vegetales, que posibilita tener una visión más amplia del bosque para aplicación de técnicas silviculturales más apropiada (Acosta V. 2006).

La abundancia está asociada al de ocupación del espacio disponible para poder crecer pudiendo y se lo define la abundancia absoluta como el número total de individuo por unidad de superficie de una determinada especie; dominancia considerada en relación al tamaño de los árboles, utilizándose por su fácil medición el área basal como indicador de la potencialidad productiva de una especie indicando el grado de dominancia da una idea de la influencia que tiene una especie sobre la demás; la Frecuencia como la distribución espacial de los árboles, para su determinación se dividen las parcelas de inventarios en subparcelas de igual tamaño donde se verifica la presencia o ausencia de las especies (Acosta V. 2006).

Por último el Índice del valor de importancia (IVI) me permite una visión más amplia que señala la importancia de cada especie en el conjunto, cuyo resultado es la suma de los valores de Frecuencia, Abundancia y Dominancia

La riqueza y diversidad se está deteriorando a consecuencia de arraigados métodos de producción, usos y por la ausencia de políticas, que fomenten su conservación y aprovechamiento sustentable. Precisamente debido a los conocidos procesos de cambios del uso del suelo en actividades económicas no siempre más rentable de las que sustituyen. (CANOBIO. INE 1998)

La diversidad en plantaciones forestales varía con la edad, cobertura arbórea, niveles de podas, raleos, especies forestales, duración de la rotación, características de la plantación y la superficie de ocupación. El impacto producido en la biodiversidad por el manejo de bosque nativo resulta inferior a todas las actividades mencionadas anteriormente y depende del tipo de manejo (Villareal *et al* 2006).

## **Materiales y métodos**

El trabajo se desarrollara en el campo experimental del Instituto de Silvicultura ubicado en la localidad de Villa Dos Trece, Departamento Pirané, provincia de Formosa, distante unos 160 Km., de la ciudad capital, con coordenadas geográficas: S26°09'26.61'' y O59°20'53.56''.

La zona presenta una gran diversidad de ambientes con antiguos cauces, lagunas, esteros y bañados que albergan diferentes tipo de ecosistemas, entre ellos bosques y arbustales, claves en términos de diversidad.

El clima es cálido con estación seca. Las temperaturas medias en verano son de 26° C y en invierno de 16° C., las máximas precipitaciones oscilan entre los 1000 mm anuales, el viento norte cálido y húmedo. Factores climáticos conjuntamente con la topografía y el drenaje, contribuyen a definir unidades de ambiente que condicionan el desarrollo de la vida vegetal.

A fin de conocer la composición y estructura del bosque, se seleccionó dos hectáreas de un bosque explotado, subdivididas en 4 parcelas de 0,5 hectáreas, donde se realizó un muestreo sistemático en faja (4 x 100mts.), con intensidad del 8 %, suficiente para los niveles de precisión deseados, utilizados para bosques nativos en Formosa, por la JICA, 1997.

En la determinación de la estructura de la vegetación se seleccionaron índices, como la abundancia, frecuencia y dominancia y con esto estimar el IVI (Índice de valor de importancia) y en la composición (Diversidad y Riqueza): se seleccionaron índices de riqueza específica de Margalef, de Shannon- Wiener, Berger Parker y Simpson

Se realizara ANOVA y test a posterior, de los parámetros estructurales y de composición con auxilio de programas estadísticos Past; INFOSTAT

## Resultados

En estos bosques se distinguen 3 estratos el superior conformados por especies arbóreas que pueden alcanzar los 20 metros de altura, como el Palo piedra (*Diplokeleba floribunda*); Quebracho blanco (*Aspidosperma Quebracho blanco*); Palo lanza (*Phyllostylon ramnoides*); Urunday (*Astronium balansae*); Quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*); Fransisco alvarez (*Pisonia zapallo*); Lapacho negro (*Tabebuia heptaphylla*); Guayaibí blanco (*Patagonula americana*); Espina corona (*Gleditsia amorphoides*); Viraró (*Pterogyne nitens*); Palo mora (*Maclura tinctoria*) y Ibirá pitá-i (*Ruprechtia laxiflora*); Guaraniná (*Bumelia obtusifolia*); Guayacán (*Caesalpinia paraguarienses*).

El estrato intermedio conformado por especies inferiores a los 12 metros de altura, de menor importancia comercial, constituido por: Ñangapirí (*Eugenia uniflora*); Molle (*Schinus sp*); Garabato (*Acacia praecox*); Aguaí (*Pouteria garderiana*); Tala negra (*Celtis pallida*); Duraznillo (*Ruprechtia corylifolia*); Guabiyú (*Eugenia pungens*); Catigua (*Trichilia catigua*); Algarrobillo (*Prosopis sp.*); Kokú (*Allophylus edulis*)

El estrato herbáceo constituido por Bromeliáceas como Ibirá (*Pseudoananas macrodrones*) y el Caragatá chuza (*Aechmea distichantha*) que cubren el suelo.

Sobre un total de 348 ejemplares inventariados, se han encontrados 25 especies arbóreas y arbustivas diferentes, agrupadas en 15 familias, Fabáceas (12,57 %), en menor proporción Meliáceas, Sapotáceas y Leguminosas y Fitolacáceas con un 1,68 %, **grafico N° 1.**

El estrato arbustivo representa 61 % de las especies forestales y el arbóreo 39 %. Las tres especies mas abundantes del estrato arbustivo son *P. garderiana*, *T. catigua* y *E Pungens* con 59,22 % y en el arbóreo *D. floribunda* con 39.07 % y *P. ramnoides* con 24.83 %.

El área basal de la superficie boscosa es de 8, 82 m<sup>2</sup> /ha., 4,12 en el estrato arbóreo y 4,70 el arbustivo. Las especies arbórea con mayor participación son: *D. floribunda* 25 %, *P. zapallo* 7,5 % y *C. tinctoria* 6,7 %, y en el estrato arbustivo el Garabato con 15,04 %.

El área basal de las especies con diámetro cortable representa el 28 % del área, la clase inmediata anterior a la cortable 30,38 %; la clase de 10 a 20 cm. el 25 %, las de 5 a 10 cm. el 13 % y aquellas menores a 5 cm. el 2,99 %



**Grafico N° 1: Participación porcentual de Familias componente del bosque degradado**  
**Graphic 1: Percentage Share of Families component of degraded forest**

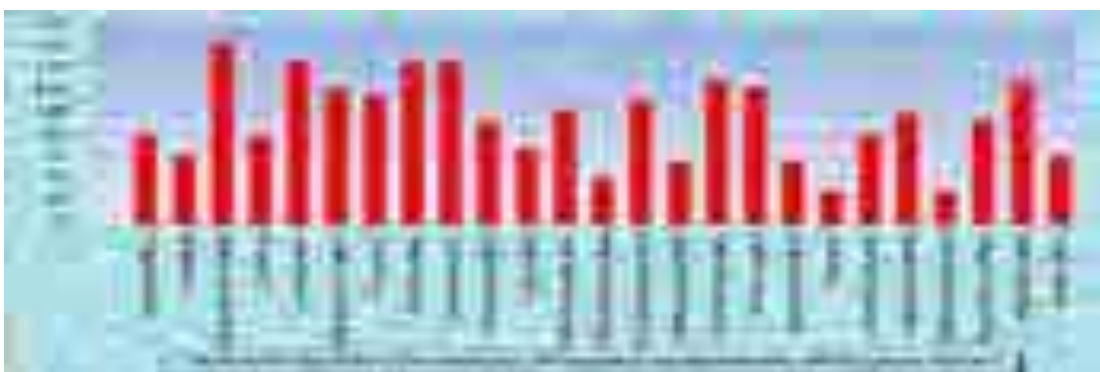
**Frecuencia**

Las especies del estrato arbustivo que aparecen con mayor frecuencia son el, *T. catigua*, *E. pungens*, *P. garderiana*, *P. sp.* y *A. edulis* y en el arbóreo el, *D. floribunda*, *A. Q. blanco*, *P. americana*, *P. zapallo*.

La frecuencia en la regeneración, considerando especies con diámetros inferiores a 10 cm., en el estrato arbóreo con 100 % *D. floribunda* con 22 ejemplares y *P. americana* con 7 y en el estrato arbustivo con 100 % se encuentran el *E. pungens* 34 ejemplares, *P. garderiana*, 53 y *T. catigua* 44.

Las especies abundante y mas frecuente en la regeneración corresponden al estrato arbustivo con 70 % del total de las especies, dentro de esta el *P. garderiana*, *T. catigua*, *E. pungens* son las mas abundante y 30 % especies del estrato arbóreo, entre estas las especies que mas regeneran están *P. rahmnoides* y *C. tinctoria* y *D. floribunda*.

El índice de valor de importancia (IVI) pone en evidencia la mayor importancia que adquieren las especies del estrato arbustivo con especies como el *A. praecox*, *T. catigua*, *E. pungens*, *P. garderiana* y *A. edulis*, que se posicionan del lugar, en detrimento del estrato arbóreo, donde aparece en orden de importancia *D. floribunda*, *B. obftusifolia* y *P. americana*.



**Grafico N° 2: Índice de valor de importancia de un bosque degradado en Villa Dos Trece, Formosa.**  
**Graphic N° 2: Importance value index of a degraded forest in Villa Dos Trece, Formosa**

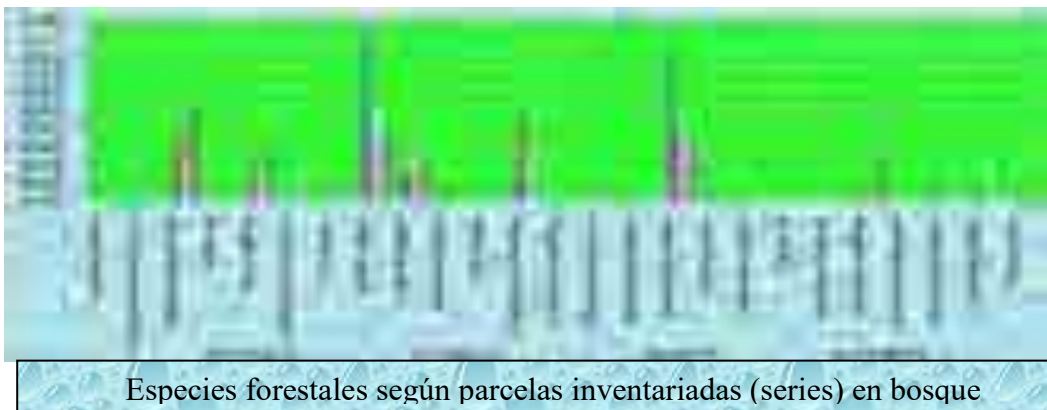
### Composición del Bosque degradado.

Los valores del índice de Margalef, varían de 3.69 hasta un 4,1 sin diferencias significativa entre las parcelas, todas ellas presentan valores de aceptable diversidad de especies.



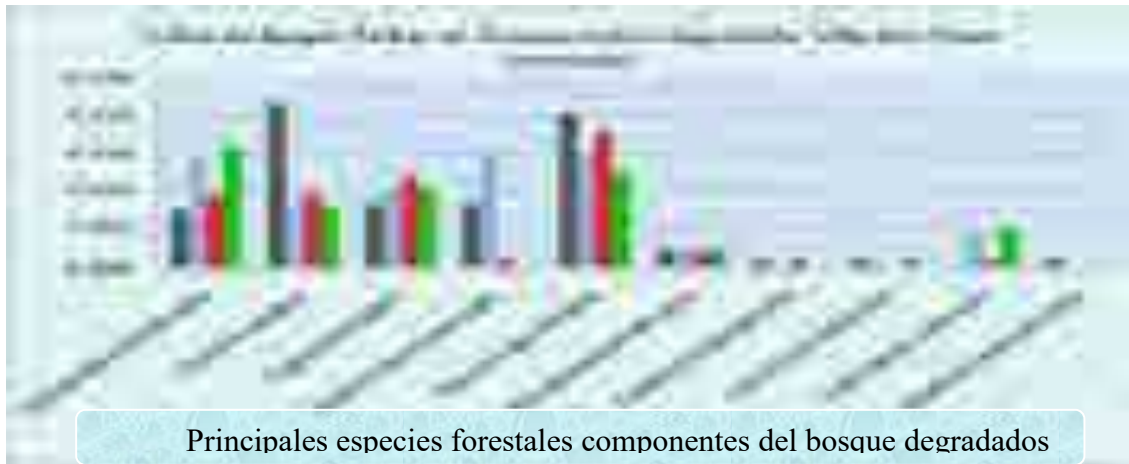
**Grafico N° 3: Índice de riqueza (Margalef), en bosque degradado Villa Dos Trece (Formosa)**  
**Graphic N°3: Wealth index (Margalef) in degraded forest Villa Dos Trece (Formosa)**

En la determinación del índice de Simpson, se tomaron en cuenta, cinco de las especies más predominante de las parcelas, detectándose una amplia dominancia en todas las parcelas de especies del estrato arbustivo como *T. catigua*, *P. garderiana*, *D. floribunda* y entre las arbóreas el *D. floribunda* y *P. ramnoides*.



**Grafico N° 4: Índice de Simpson en bosque degradado de Villa Dos Trece (Formosa)**  
**Graphic N° 4: Simpson index in degraded forest Villa Dos Trece (Formosa)**

Los valores del índice de Berger-Parker indica a *T. catigua*, como más abundante de todas las especies; con índice de 0.217 seguido por *P. garderiana* con 0.205; esta última especie conjuntamente con *P. ramnoides* presenta mayor índice (0.15) en la parcela 2 y con *E. pungens* en la parcela 3 (0.12) y *D. floribunda* 0.16 es la de mejor índice en la parcela 4. Esta mayor dominancia de algunas especies forestales, sobre todo del estrato arbustivo, indica menor equidad en el bosque nativo.



**Grafico N° 5: Índice de Berger- Parker en bosque degradado Villa Dos Trece, Formosa**  
**Graphic No. 5: Berger-Parker index in degraded forest Villa Dos Trece, Formosa**

### Índice de equidad de Shannon-Wiener

Las 4 parcelas estudiadas, muestran un bajo nivel de equidad ya que se obtuvieron valores de entre 0.55 y 0.59, mostrando que la distribución de los individuos no es uniforme, sino que existe predominio de las especies del estrato arbustivo sobre el arbóreo.

### Conclusión

En estos bosques se distinguen 3 estratos el superior conformados por especies arbóreas que pueden alcanzar los 20 metros de altura, el intermedio conformado por especies inferiores a los 12 metros de altura, de menor importancia comercial y el estrato herbáceo que cubren todo el suelo dificultando la regeneración de especies.

Sobre un total de 348 ejemplares inventariados, se han encontrados 25 especies, la familias, Fabáceas fue la mas representativa y la Fitolacáceas la menos, donde el estrato arbustivo representa 61 % y el arbóreo 39 %, dentro del primer estrato las mas abundantes son *P. garderiana*, *T. catigua* y *E Pungens* y en el arbóreo *D. floribunda*. *P. ramnoides*.

El área basal de la superficie boscosa es de 8,82 m<sup>2</sup> /ha., con mayor participación de: *D. floribunda* y *P. zapallo*, de este total mas del 50 % del área basal corresponde al estrato arbustivo con *A. praecox* y *T. catigua* como especie mas representativa, especies poco requerida por las industrias locales, con volumen total cortable de un 30 % .

Las especies con mayor frecuencia son el *T. catigua*, *E. pungens*, *P. garderiana*, *P. sp.* y *A. edulis* y en menor medida el *D. floribunda*, *A. Q. blanco*, *P. americana*, *P. zapallo*. También en la regeneración aparecen con mayor representatividad especies del estrato arbustivo.

El índice de valor de importancia (IVI) pone en evidencia la mayor importancia que adquieren las especies del estrato arbustivo con especies que se posicionan del lugar, en detrimento del estrato arbóreo, donde aparece en orden de importancia *D. floribunda*, *B. obtusifolia* y *P. americana*.

Los valores de Margalef pone de manifiesto la aceptable riqueza en las parcelas estudiadas, no existiendo diferencias significativas entre estas.

El índice de dominancia de Simpson y Berger-Parker, detecta una amplia dominancia de las especies del estrato arbustivo sobre el arbóreo y en esta última el, *D. floribunda* y el *P. ramnoides*, especies estas de escaso interés para las industria local.

El índice de equidad de Shannon-Wiener, muestran un bajo nivel de equidad, mostrando que la distribución de los individuos no es uniforme, con predominio de especies del estrato arbustivo de escaso valor comercial, sobre el arbóreo.

## **Bibliografía**

- FAO Banco Mundial (2011) Situación de los bosques en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma 2011 <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s01.pdf>. Encontrado 28 junio 2013.
- Tortorelli, Lucas A. (2009). Maderas y Bosques Argentinos. Tomo I y II. Seg. Edición. ISBN 978-987-9260-70-8. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires Argentina.
- Donoso; L. (1993) Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y Dinámica. Editorial Universitaria. Santiago de Chile, 485 pag.
- Montagnini, F.; Fernández, R.; Lery, H.; Eibl, B. y Nozzi, D.(1995). Sistema agrosilvoculturales con especies nativas: yerba, timbó, guatambú y lapacho negro. Informe Anual de Proyecto. Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones El Dorado, Misiones. 7 pp.
- Zamorano Elgueta, Carlos P. (2009) Propuesta metodológica y evaluación de manejo forestal en bosque nativos de pequeñas propiedades Boletín Técnico. Proyecto Leña. N° 3 Julio 2009. Disponible marzo 2013 en pagina web: <http://www.bosquenativo.cl>. y [leña.cl](http://leña.cl). [mincyt.gov.ar](http://mincyt.gov.ar). [dec. Php?contenido = publicaciones](http://dec.php?contenido=publicaciones)
- UNASYLVA (2012) Revista internacional de silvicultura e industrias Forestales. FAO. Vol. 64, 2013/i 240 ISSN 0251-1584. [www.fao.org/forestry/sofo/es/](http://www.fao.org/forestry/sofo/es/) encontrado marzo 2013.
- Acosta, Víctor H.; Araujo, Publio A.; Iturre, Marta C.; (2006). Caracteres estructurales de las masas Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Cátedra de Sociología vegetal y Fitogeografía Forestal. Serie didáctica N° 22.
- Villarrael, H.; Alvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M.; Umaña, A.M.; (2006) Manual de métodos para el desarrollo de inventario de biodiversidad. Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander Von Humboldt. Ed. Ramos López. Bogotá. Colombia.
- CONABIO. INE (1998). Aspecto económico sobre la biodiversidad de México. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Instituto Nacional de Ecología México.

**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PLANTACIÓN DE *Pterogyne nitens* (TIPA COLORADA) EN FAJAS DE ENRIQUECIMIENTO DE DIFERENTES ANCHOS EN VILLA DOS TRECE, FORMOSA**

**COSTING PLANTING *Pterogyne nitens* (TIPA COLORADA) IN DIFFERENT BANDS OF ENRICHMENT IN VILLA TWO WIDE THIRTEEN, FORMOSA**

Sirka, César. E.<sup>1</sup>; Oviedo, M.<sup>2</sup> I. Pérez, W.<sup>3</sup>

1,2. Universidad Nacional de Formosa- Facultad de Recursos Naturales- Avda. Gdor. Gutnisky 3.200. (3.600) Formosa-Argentina. e-mail: [cesirka@yahoo.com.ar](mailto:cesirka@yahoo.com.ar); [ma1\\_oviedo@yahoo.com.ar](mailto:ma1_oviedo@yahoo.com.ar); [ingwpez@yahoo.com.ar](mailto:ingwpez@yahoo.com.ar)

**Resumen**

El trabajo estimó costos de implantación de *Pterogyne nitens* (Tipa colorada) en fajas de enriquecimiento de 2, 3, 4 y 5 metros de ancho, en bosque degradado, en Villa Dos Trece, Formosa. Teniéndose en cuenta todos los gastos directamente involucradas en la actividad. Los resultados indican, mayores costos en apertura de faja, costo operativo de maquinarias, apeo, eliminación y apilado de leña, en ancho mayor, detectándose como significativa las diferencia. No así, en los costos de plantación. Los costos totales a valores de mayo 2013, fueron: para faja de 5 metros 743 \$; 4 metros, 569,2 \$; 3 metros 509,7 \$ y 2 metros 448.34 \$. Constituyéndose la mano de obra en mas representativo, con valores superiores al 62 %. En lo concerniente a recupero de inversión por venta de leña, extraídas de cada una de las faja, estos valores cubren el 28,8 % de los costos de instalación en las de menor ancho de faja, hasta un 40, 4 % en las faja de 5 metros de ancho

**Palabras clave:** Estimación costos, *Pterogyne nitens*, enriquecimiento, ancho de faja

**Summary**

The work estimate implementation costs *Pterogyne nitens* (red Tipa) enrichment in bands 2, 3, 4 and 5 meters wide, in degraded forest in Villa Dos Trece, Formosa. Taking into account all expenses directly involved in the activity. The results indicate higher costs in opening sash, operating cost of machinery, felling, removal and stacking firewood, more ancho, detecting as significant the difference. No so in planting costs. Total costs to values in May 2013, were to strip \$ 743 5 meters, 4 meters, \$ 569.2, \$ 509.7 3 meters and 2 meters \$ 448.34. Constituting the workforce more representative, with values above 62%. The recovery of investment by selling products, ranged from 28.8% in the lower bands, 40, 4% in strip of 5 meters wide.

**Key words:** Estimated costs *Pterogyne nitens*, enrichment, band width

## **Introducción**

En la región del parque chaqueño, los problemas de desmontes y degradación del recurso constituyen aspectos preocupantes, quedando las escasas superficies boscosas, fragmentadas y degradadas, aspecto este que condiciona su perpetuación, ya que compiten con otras actividades más rentables por el uso del suelo.

En la provincia de Formosa, esta situación no es ajena, el aprovechamiento se efectúa con norma como el “diámetro mínimo”, que origina una disminución de la capacidad de regeneración, originando una progresiva degradación y empobrecimiento de los bosques.

Entre las alternativas para la recuperación de estos bosques se encuentra la implementación de técnicas de enriquecimiento en fajas, que requieren, de conocimientos técnico - económico, adecuadas a las particularidades de cada sitio.

Estos sistemas de recuperación de bosques degradados, deben además de lograr eficiencia técnica en su implementación, eficiencia económica, ya que muchas decisiones técnicamente viables, no lo son desde el punto de vista económico y son de imposible implementación por razones económicas.

Si bien es cierto que se proponen como estrategia para evitar la degradación paulatina de los bosques, técnicas silviculturales, se manifiestan dudas respecto a su éxito e implementación a gran escala, debido a aspectos económicos, sociales y políticos (Campbell *et al* 2003).

En lo concerniente a costos existe pocas informaciones socioeconómicas del sector forestal, la literatura disponible no es suficiente para describirlo detalladamente, existiendo esfuerzo aislados sin sistematización de datos, por lo que la información relacionada con costos de aprovechamientos, instalación de plantaciones y mantenimientos posterior es escasa.

La aplicación de la ley 26331, de Presupuesto mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, crea el fondo nacional para el enriquecimiento y la conservación de los bosques nativos. Que ha exigido el ordenamiento territorial, para optimización de uso del suelo de la provincia.

En este sentido el área donde se efectúa tareas de enriquecimiento, esta en la zona correspondiente a la Categoría III, por lo que la presente propuesta está perfectamente encuadrada dentro del POT (Programa ordenamiento territorial) y que al permitirse la conversión de hasta un 60 % de su superficie, las superficie boscosas remanentes, deberán necesariamente ser manejadas con criterios técnicos, económicos, para incrementar la productividad y evitar la presión antrópica para otros usos.

La propuesta a implementar consistente en trabajos de enriquecimiento, orientada a incrementar la productividad de estos ambientes, conocer o estimar costos de las diferentes actividades del proceso y el comportamiento de este sistema, con introducción de especie típica del bosque nativo de la región oriental del parque chaqueño como el *P. nitens*, especie esta muy demandada por su valor comercial.



## Objetivo general

Estimar el costo de instalación en fajas de enriquecimiento de 2, 3, 4 y 5 metros de ancho, con introducción de *P. nitens*, en bosque degradado de la zona sur del departamento Pirané, Formosa.

## Objetivo específicos:

- Determinar costos de apertura para cada ancho de faja de enriquecimiento.
- Conocer los costos operativos de la maquinaria para los anchos de fajas de enriquecimiento.
- Estimar costos de implantación, aprovechamiento e ingresos obtenidos por venta de productos extraídos del apeo según factor.

## Antecedentes

El manejo y enriquecimiento del bosque nativo es el mejor aliado para la conservación y aprovechamiento a perpetuidad de los mismos, ya que a través del aprovechamiento sustentable de los mismos, nos permitirá revalorizar al bosque frente a otros usos alternativos, esto se logrará con el uso sostenible e integral del bosque, para ello se requiere mejorar paulatinamente los estándares silvícola (Jaguer A. 2005)

Las prácticas de enriquecimientos consisten en la implantación selectivas de especies de valor comercial, en los claros producidos en el bosque o induciendo a la mayor regeneración de especies valiosas, utilizando para ello plantas existentes en el vuelo, homogeneizando la composición florísticas al trabajar con menor números de especies (Villament *et al* 2011).

Desde un punto de vista sustentable, las actividades extractivas representan el mayor potencial de riesgo de degradación, como consecuencia de la instalación de especies indeseable, con el consiguiente desinterés por el recurso por su falta de productividad. En este sentido los equipos utilizados para arrastre y carguío no adecuados, lo que en muchas ocasiones en suelos con humedad elevada en pocas horas pueden ser suficientes para provocar niveles de compactación que comprometan la regeneración de especies deseables (Turc, *et al* 1998).

En la zona de estudio el sistema de enriquecimiento en fajas instalados en el campo experimental del Instituto de Silvicultura, con especies forestales nativas y exóticas en anchos de faja de 4, 6 y 8 metros de ancho, con resultados alentadores en comportamiento de algunas especies forestales, si se les proporciona cuidados culturales posteriores a la implantación en tiempo y forma (Sirka *et al* 1998).

Otras experiencias realizadas en la zona consignan volúmenes de extracción por tipos de especies en la apertura, que cubren hasta un 25 % del costo de implantación, en fajas de 4 metros, en ensayo con 10 especies nativas y las de buen comportamiento fueron: *P. nitens*; *Pelthophorum dubium*; *Patagonula americana*. (Oviedo *et al*. 2006).

De acuerdo a (Renolfi, M 2007) los costos de implantación pueden agruparse bajo ciertas actividades que dan origen a la clasificación de costos por tareas, estableciendo por otra parte los múltiples factores que pueden incidir en los diferentes tipos de costos.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio:**

*El estudio se realizó en la localidad de Villa Dos Trece, al sur del Departamento Pirané, Provincia de Formosa, en la denominada región oriental húmeda del parque chaqueño.*

*El clima, en el área de estudio, es cálido y variable de húmedo a seco; la estación estival abarca unos siete meses, de octubre a abril y los valores de precipitaciones están comprendidos alrededor de los 1.100 mm anuales. La temperatura media anual fluctúa de 19°C a 23°C con una máxima de 40°C y una mínima de 3°C. Las condiciones de insolación son bastantes elevadas en la estación propicia para la actividad vegetativa.*

Es una zona con un marcado perfil agrícola ganadero, constituido por un gran número de pequeños productores rurales, con bosque fragmentados y muy degradados por reiteradas extracciones selectivas, conformado por especies típica del bosque alto y bosque bajo, como: *Tabebuia sp*, *Schinopsis balansae*, *Astronium balansae*, *Prosopis alba*, *P. nitens*, *Peltophorum dubium*, *Patagonula americana*, entre otras de importancia.

### **Diseño Experimental**

Se eligió un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, considerando como tratamientos: los diferentes anchos de fajas y las variables de respuesta el costo de apertura, aprovechamiento implantación y costos de maquinaria.

Los cuatros **tratamientos** son: 1) Ancho de faja de 2 x 100 metros de largo; 2) Ancho de faja de 3 x 100 metros de largo; 3) Ancho de faja de 4 x 100 metros de largo; 4) Ancho de faja de 5 X 100 metros de largo

En cada faja se establecieron 40 plantines de *P. nitens*, en una sola hilera de plantación con distancia entre plantas de 2,50 metros, con plantines de 30 cm., de altura, ubicados en dos hectáreas de un bosque degradado, subdivididas en 4 parcelas, con interfaja de 10 metros.

### **Aprovechamiento Forestal**

La apertura de faja se realizó mediante la eliminación de la cubierta herbácea y arbustiva en forma manual, con machete, liberando la faja para el aprovechamiento posterior, que consistió en un aprovechamiento de bajo impacto, con apeo dirigido, seccionado de trozas acorde al uso a dar, y desrame completo para bajar la copa, con arrastre de bajo impacto, extrayéndose manualmente las trozas a una distancia máxima de 50 metros.

### **Metodología de estimación de costos**

En el cálculo del costo directo total para el presente trabajo se tuvo en cuenta todos los gastos directamente involucradas en la actividad, sin tener en las implicancias sociales y ambientales relacionadas con el concepto de sustentabilidad, por la dificultad de valorarlas adecuadamente.

Para calcular los costos de producción se siguieron tres pasos: 1) Describir y clasificar los recursos que se utilizan; 2) Valorar los recursos 3) Determinar la incidencia en los componentes del costos.

Para cada labor u operación se conocieron: Tiempo operativo de la maquinaria (hs/ha.); Rendimiento de la mano de obra (jornal/ha u hs/ha.); Costo operativo de cada labor (\$/hs); Salario del operario en tareas manuales o mecanizadas (\$/hs.); Cantidad de insumo a utilizar y precio unitario correspondiente.

Los precios utilizados para la valuación serán en moneda constante, a valores de mayo de 2013.

Se entendió como personal calificado aquel para el cual se debe desarrollar habilidades que requieren de capacitaciones en servicios específicos (motosierrista, tractorista); mientras que lo no calificado se refieren a tareas convencionales (carpidas, macheteadas y apiladas).

Para estimar las diferencias de costos, se utilizó un test “T” de muestra independiente y estadística descriptiva.

### **Costo operativo de la maquinaria**

Se aplicó metodología sugerida por (Frank, R. 1997) para determinar el costo operativo de la maquinaria, considerando a este como la suma de gastos (combustible, lubricantes, repuesto, reparación, seguro e impuesto y maquinista) amortización e intereses del capital, para los diferentes anchos de fajas de enriquecimiento

Se determinó el costo real, utilizándose motosierra mediana potencia (3,1 kw o 4 hp) para el aprovechamiento. Tomándose el precio a nuevo de las maquinas herramientas por no tener uso y el precio del combustible a valor de mercado a mayo 2013.

Para los gastos de conservación y reparación: se utilizaron índice tabulado según maquinaria por el valor a nuevo del bien, los gastos de combustible fueron determinado en función a la potencia y el coeficiente de consumo y el de mano de obra el valor del jornal según ley 22248/80 con un 30 % en concepto de cargas sociales Las cuota de amortización estimado se utilizó el método lineal, considerándose un costo fijo por su uso reducido y el Interés se calcula por la expresión  $(VN - VRP/n)$  con una tasa del 8 % anua l (Frank, R. 1977).

Algunas características de la maquinaria utilizada es Motosierra Sthill MS 361; VN 4840 \$; Coeficiente reparación 0,40 % amortización, Coef. Combustible 0,75 \$/lts. Vida útil: 2000 hs. Interés, 0.08 % anual; Potencia 4,10 HP, Precio combustible 8,45 \$/lts. Jornal maquinista 31,25 \$ /hs; Obrero 18,75 \$/hs. Carga social 30 % salario; Precio Piñón, cadena y espada 684 \$ Vida útil 250 hs y 500 hs.

### **Resultados**

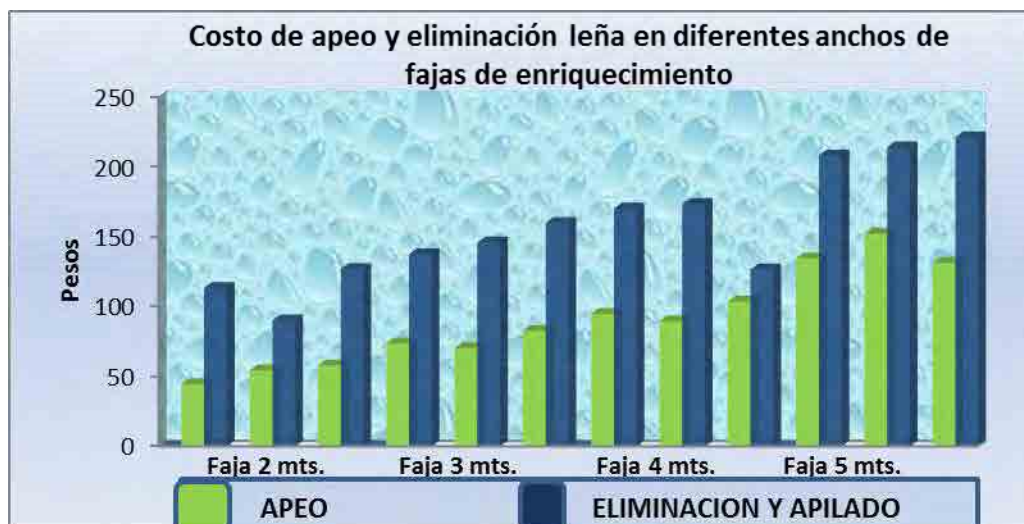
Se han detectado diferencias significativa en relación al costo de apertura de fajas, las de cinco metros, resultan las mas representativas con valor promedio de 213 \$/faja, las de 4 metros con 145,2 \$/faja, no detectándose diferencia significativa entre las de dos y tres metros con valores próximo a los 112,0 \$/faja.

En la determinación de costo operativo de Maquinaria se ha utilizado una motosierra con las siguientes características y salario vigente a mayo 2013 y costo de mano de obra según ley 22240/80.

El costo operativo de maquinaria es estadísticamente significativa para los anchos de faja consideradas, siendo el de mayor costo la faja de cinco metros con valores promedio de 138,20 \$/faja y la de menor valor la de 2 metros con 52,40 \$/faja, no detectándose como significativa la diferencia entre las de tres y cuatro metros de ancho.

El mayor costo de apeo se dio en faja de 5 mts., con valor promedio de 139.14 \$/faja con relación a las otras tres fajas, entre las de tres y cuatro metros no se ha encontrado diferencia significativas, pero si de estas con respecto a las de 2 metros que resultan las de menor costo con un valor promedio de 52.22 \$/faja.

El mayor costo de eliminación y apilado de leña se han detectado en la faja de cinco metros con relación a las otras tres con valor promedio de 214,13 \$, entre las de tres y cuatro metros no existen diferencias, pero si de esta ultima con respecto a las de 2 metros con un costo de 109,97 \$.



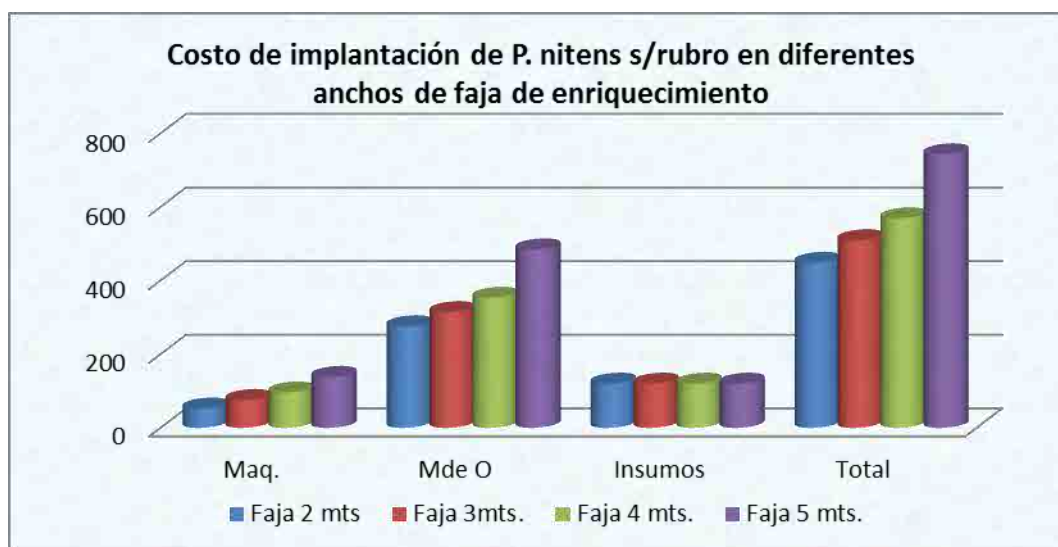
**Grafico 1: Costo de apeo y eliminación de leñas en anchos de fajas de enriquecimiento.**  
**Graphic 1: Cost of felling and removal of firewood in enrichment strips widths.**

En lo concerniente al costo de plantación no se han detectados diferencias significativas en los valores obtenidos para los diferentes anchos de fajas, esta incluye actividades de costos de macetines, carga y descarga, hoyado y plantación con valores de 174.80 \$ para anchos de cinco metros y 176.1 \$ en la de 2 metros.

Los costos totales de Introducción de *P. nitens*, en faja de diferentes ancho a valores de mayo 2013, en valores promedio son: faja de 5 metros 743 \$; de 4 metros, 569,2 \$; 3 metros 509,7 \$ y para la de 2 metros 448.34 \$.

El rubro de mayor costo en las actividades de introducción de esta planta en el sistema de enriquecimiento en faja, fue la mano de obra que supera el 62 % del costo total, siendo la mayor en la de cinco metros con un 65 %.

En lo concerniente a recupero de inversión por venta de leña, extraídas de cada una de las faja, fue de 129 \$/faja para ancho de 2 metros a 300 \$/faja en fajas de 5 metros, valores que cubren el 28,8 % de los costos de instalación en las de menor ancho de faja, hasta un 40,4 % en las faja de 5 metros de ancho.



**Grafico 2: Costo de implantación según componentes en fajas de enriquecimiento de diferentes anchos.**  
**Graphic 2: Cost of implementation components according enrichment strips of different widths**

## Conclusiones

Los mayores costos de apertura de faja, consistentes en tareas de delimitación, caminar, preparar, eliminación cubierta herbácea y arbustiva, se registraron en las de 5 metros de ancho, y las menor en las de 2 y 3 metros respectivamente.

El costo operativo de maquinaria es significativamente superior para el ancho de faja de 5 metros y la de menor valor la de 2 metros, no detectándose como significativa la diferencia entre las de tres y cuatro metros de ancho.

El costo de apeo y eliminación de material de la faja, resultó mayor en faja de 5 mts., con relación a las otras tres fajas, en relación a las otras tres entre las de tres y cuatro metros no existen diferencias, pero si de esta ultima con respecto a las de 2 metros.

Los costos totales de Introducción de *P. nitens*, en faja de diferentes ancho a valores de abril 2013, fueron superiores en las fajas de mayor ancho y menores en las de menor ancho.

El rubro de mayor costo en las actividades de introducción de esta planta en el sistema de enriquecimiento en faja, fue la mano de obra que supera el 62 % del costo total, con mayor incidencia la de cinco metros con un 65 %.

En lo concerniente a recupero de inversión por venta de leña, extraídas de cada una de las faja, estos valores cubren el 28,8 % de los costos de instalación en las de menor ancho de faja, hasta un 40, 4 % en las faja de 5 metros de ancho

## Recomendaciones

*Profundizar estudios sobre costos de instalación de sistemas de enriquecimiento en fajas, para otros sitios, formaciones boscosas, y continuar en estimación de costo en tareas posteriores a la implantación, por lo menos durante los tres primeros años de instalado el ensayo.*

## Bibliografía

- Campbell, B. M. y Luckert, M. K. (2003). Evaluando la cosecha oculta de los bosques. Métodos de evaluación para bosques y recursos forestales. Manual de la conservación de la serie "Pueblos y Plantas" Cap. 5 pag. 153 -178.
- Frank, Rodolfo G. (1977) Costo y administración de la maquinaria agrícola. Primera edición 1977. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina.
- Jaguer, Mariano; Fernandez, Javier; Cajal, Jorge; Burkart, Rodolfo; Riegelhaupt, Enrique. (2001) Valoración económica de los bosques Informe Final para Unión Mundial para la Naturaleza Of. Regional America del Sur.
- Oviedo, M.; Perez, W.; Sirka, E. (2007). Fajas de enriquecimiento: Una alternativa para la recuperación de bosques nativos explotados de Provincia de Formosa. Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Formosa. pp. 61-67
- Sirka, C., Oviedo, M., Cañete M., (1.994) Experiencias desarrolladas en el Instituto de Silvicultura (Universidad Nacional de Formosa) I Jornadas de AUFCADI.
- Renolfi, Marta Coronel (2007). Costos Forestales. Cátedra de Economía y Administración Forestal. Serie Didáctica N° 30 Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Santiago del Estero.
- Turc, Carlos O.; Mazzucco, Ricardo. (1998). Caracterización de los sistemas de aprovechamiento forestal utilizado en los montes santiagueños. Revista Quebracho N° 6: 59-68.
- Villament Pineda P.; Amilton Ascencio R. D. (2011) Los costos de la forestaría en fincas forestales integrales en localidades de Paraguay 5to. Congreso Forestal de Cuba.

## SISTEMA DE APOYO A LA PLANIFICACIÓN DE LA COSECHA FORESTAL

### SYSTEM SUPPORT FOR PLANNING OF FOREST HARVESTING

Mac Donagh, Miguel<sup>1</sup>; Hildt, E<sup>2</sup>; Martínez, M.S<sup>3</sup>; Mulawka, J<sup>4</sup>; Valdes, M<sup>5</sup>; Fertl, L<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> Msc. Ing. Ftal. Profesor Adjunto Explotación Forestal. FCF – UNaM. Lisandro de la Torre S/N. Eldorado. [patrio.macdonagh@gmail.com](mailto:patrio.macdonagh@gmail.com)

<sup>2</sup> Ing. Ftal. Consultor Proyecto PROSAP. [eduardohildt@gmail.com](mailto:eduardohildt@gmail.com)

<sup>3</sup> Estudiante Ing. Ftal. Consultor Proyecto PROSAP

<sup>4</sup> Ing. Ftal. Consultor Proyecto PROSAP.

<sup>5</sup> Estudiante Ing. Ftal. Becario colaborador FCF – UNaM

<sup>6</sup> Roble Sistemas S.R.L. Encargado de la programación.

#### Resumen

Se presenta un sistema de ayuda a la planificación de la cosecha forestal en el Noroeste Argentino. El Simulador de Cosecha Forestal es un sistema de simulación, disponible en entorno Web y accesible desde Internet, que brinda el servicio de simulación y cálculo de productividad, producción, costos y tiempos de trabajo en faenas de cosecha forestal. El sistema incorpora módulos para la definición del parque de máquinas de las empresas usuarias, sus grupos de cosecha, los sistemas de cosecha utilizados y las características de los sitios para los que se desea conocer la performance esperada durante la cosecha. La productividad esperada para las maquinas forestales frente a diferentes situaciones de trabajo es calculada por medio de modelos de regresión. Los costos de operación son calculados por medio de una estructura de costos personalizable por los usuarios. Actualmente el sistema se encuentra en etapa de validación en conjunto con empresas contratistas.

**Palabras clave:** Simulación, Modelos de producción, Aprovechamiento forestal, Noroeste de Argentina.

#### Summary

A computational support system for planning forest harvesting in the Argentine Northeast is presented. Forest Harvest Simulator is a simulation system, available in a Web environment and accessible from the Internet, which offers the service of simulation and calculation of productivity, production, costs and time working on tasks of forest harvesting. This system includes modules for defining the machines lot of the user companies, their work groups, the harvest systems used and the characteristics of the sites for which you want to know the expected performance during harvest. The expected productivity for forest machines against different work situations is calculated using regression models. Operating costs are calculated by a cost structure customizable by users. Currently the system is in validation stage together with contractors.

**Key Words:** Simulation, Production Models, Logging, Argentine Northeast.

## Introducción

La cosecha forestal es una de las actividades de mayor impacto en el ciclo productivo forestal, determinando en gran medida los costos finales de los distintos productos puestos en las industrias. El creciente proceso de mecanización que se ha desarrollado en el noreste argentino implica la adopción y utilización de maquinaria altamente compleja, con altos costos de inversión y operación y muy alta productividad. La utilización de diferentes maquinas que se interrelacionan entre si implican la necesidad constante de establecer un equilibrio dentro de los equipos de cosecha mecanizada.

Por esta razón surge la necesidad de que las empresas que realizan la cosecha cuenten con herramientas adecuadas para la generación de la información necesaria durante el proceso de planificación de las operaciones (Guimaraes, 2000). Como referencia puede señalarse que la diferencia en costos entre una operación de cosecha planificada y no planificada podría llegar al 40% (Mac Donagh *et al*, 2005).

La realización de estudios de tiempos y rendimientos como una forma de adquirir conocimientos acerca de la productividad y esquemas de costos de las máquinas forestales se ha extendido en la región, suministrando información precisa, aunque en muchos casos limitada y de poca aplicabilidad en los sistemas productivos. La integración de esta información en un sistema de cómputo que contemple las distintas actividades de la cosecha forestal y genere información de mayor utilidad resulta de interés para las empresas forestales y los contratistas de cosecha forestal.

Un simulador de cosecha es un modelo computacional que reproduce el funcionamiento de un grupo de cosecha mecanizada bajo determinadas situaciones de trabajo. De este modo resulta una herramienta que permite, con distintos niveles de precisión, determinar costos, rendimientos, precios de servicios, y duración de las tareas de un equipo de cosecha mecanizada. (McDonagh *et al*, 2002). Esta información posibilita la planificación de las estrategias a seguir en la selección de sitios de cosecha, organización de equipos de trabajo, asignación de recursos, definición de criterios respecto de nuevas inversiones. Por esta razón, la información suministrada por un sistema de simulación de la cosecha constituye una importante ayuda al proceso de toma de decisiones fundadas en bases técnicas sólidas.

Como antecedentes en sistemas de simulación orientados a la cosecha forestal pueden citarse el "HSA Model", desarrollado por la Universidad Politécnica de Virginia (McDonagh *et al*, 2002); el SICOFOR, desarrollado en Chile (Acuña *et al*, 2011); el PLANFOR, desarrollado por la Universidad Austral de Chile (Carey *et al*, 1997); el RILSIM, desarrollado por CIFOR y USDA para el apoyo a la planificación de operaciones de cosecha en bosques nativos (Dykstra, 2003).

Este artículo tiene como objetivo presentar y describir el Simulador de Cosecha Forestal en entorno web desarrollado en conjunto por el Aglomerado Productivo Forestal Misiones y Corrientes (APF) y la Asociación de Empresas de Servicios Forestales (AFOSER), como parte del proyecto "Desarrollo de un simulador de Cosecha Forestal para plantaciones del NE Argentino-Etapa I. Ref: 004/11" con el financiamiento del Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP). El sistema actualmente se encuentra en proceso de prueba y validación con las empresas que conforman la AFOSER.

## Material y métodos

### Origen de la información

La adquisición de la información necesaria para el desarrollo del sistema se realizó por medio de estudios de tiempos y rendimientos ejecutados a campo. Los sistemas y equipos de cosecha más representativos a ser evaluados fueron seleccionados en base a talleres participativos desarrollados con las empresas contratistas participantes en el proyecto. Los estudios a campo se realizaron fundamentalmente sobre el sistema de cosecha de árbol entero (*Full Tree*) aplicado a la cosecha final de forestaciones de *Pinus taeda* orientadas a la producción de trozas aserrables y triturables.

Por medio de estos estudios a campo se determinó la duración de las distintas actividades que componen los ciclos de trabajo de cada equipo, utilizando cronómetros sexagesimales y aplicando la metodología de toma de tiempos continuos. Se discriminaron los tiempos de las actividades productivas, actividades complementarias y actividades o demoras no productivas. Para las distintas situaciones se determinó la magnitud y sentido de la pendiente del terreno, la distancia media de extracción, y el volumen de los árboles elaborados, estimado por medio de su diámetro a la altura del pecho (DAP) y su altura, empleando para ello la función publicada por Crechi *et al*, (2006). La unidad experimental fue el ciclo operacional. El número mínimo de observaciones necesarias, fue calculado mediante la siguiente expresión (1), de modo de proporcionar un error de muestreo máximo del 5%.

$$\text{El error absoluto de muestreo: } E = t * s / \sqrt{n} \quad (1)$$

$$\text{El error relativo de: } E\% = E / x * 100$$

Dónde: t: Valor de la distribución t *Student*; s: Desvío estándar de la muestra.; n: Tamaño de la muestra; x: Promedio de la muestra.

### Desarrollo de modelos de productividad

En base a la información obtenida a campo se desarrollaron modelos de regresión lineal múltiple con el objetivo de predecir la variación en la productividad por hora efectiva (PEF) de cada una de las máquinas evaluadas, respecto de la variación en el tamaño de los árboles y las características del terreno. Las ecuaciones de estos modelos fueron obtenidas de la bibliografía o generadas mediante combinación de variables, utilizando como principales variables predictoras el diámetro y el volumen individual de los árboles cortados y procesados, la distancia de extracción para el trabajo con *skidder* y la pendiente media del terreno. Los mejores modelos fueron seleccionados de acuerdo con una escala de posiciones elaborada en base a los principales indicadores de ajuste: Coeficiente de determinación ( $R^2$ aj), Error estándar de estimación, distribución de los residuos e indicador PRESS.

Estos modelos de regresión fueron introducidos al simulador como ecuaciones que relacionan las variables características del sitio a ser evaluado y calculan la productividad estimada para esa situación particular. Estas ecuaciones están relacionadas con una máquina y una especie y sistema de cosecha determinados. De esta forma, para cada combinación Máquina – Especie – Sistema incorporada al simulador debe existir un modelo asignado. Durante el proceso de simulación el sistema busca el modelo asignado a cada máquina y procesa los valores característicos del sitio evaluado para obtener la productividad efectiva estimada.



### **Estructuras de costos**

La estimación de los costos horarios de operación de las distintas máquinas que intervienen en la cosecha forestal se realizó por medio de una estructura de costos general, basada en la recomendación de FAO (Stöhr, 1977; Malinovski, 1983), considerando los datos introducidos al sistema por los usuarios para el valor actual de los equipos, coeficientes relacionados con la amortización y los costos de reparación, salario básico de los operadores, consumo de combustible, consumo de aceites lubricantes, fluido hidráulico y otros elementos específicos de cada equipo. La incorporación de parte de esta información es opcional, pudiendo ser suplida por valores estándar definidos por los administradores del sistema. Todos los importes considerados en la estructura de costos fueron definidos en pesos argentinos. El usuario además puede definir las tasas de interés propias de las fuentes de financiación de cada máquina, la tasa de interés para cálculos generales y el margen de ganancia esperado para cada grupo de cosecha. Durante el proceso de simulación, el software calcula el costo horario de operación de cada equipo por medio de la estructura de costos definida previamente.

### **Diseño del sistema de cómputo**

El simulador de cosecha forestal es un sistema de software alojado en un servidor accesible desde Internet por medio de un navegador web estándar. El sistema está constituido por tres niveles diferentes: El nivel inferior consiste en una base de datos desarrollada bajo un lenguaje de consulta estructurado (SQL) y permite el almacenamiento de toda la información necesaria para el funcionamiento del sistema. Por sobre esta base de datos se encuentran los módulos de cálculo, programados en Visual Basic.NET y encargados de realizar el proceso de simulación y cálculo de los resultados solicitados por el usuario. Todo el funcionamiento del simulador de cosecha forestal es controlado desde un navegador web gracias a que la programación de la interface de usuario fue realizada utilizando el marco de trabajo ASP.NET para aplicaciones web.

### **Resultados y Discusión**

#### **Descripción de la estructura del sistema.**

Por su estructura el sistema se compone de dos partes fundamentales: La sección de administración y gestión reservada para el desarrollo y mantenimiento del sistema y la sección destinada a los usuarios finales que utilizan los servicios del simulador. Dentro de esta última sección, el sistema posee un módulo destinado a la gestión de usuarios, que permite que cada empresa defina diferentes usuarios con distintos niveles de acceso a los datos y configuraciones definidos en el simulador.

#### **Flujo de la información**

Por medio de un módulo destinado al manejo de situaciones de trabajo los usuarios del sistema pueden configurar y almacenar diferentes sitios de trabajo, definiendo el nombre y ubicación de las forestaciones, la especie a cosechar, la superficie a intervenir, el volumen total por hectárea, el volumen, DAP y alturas promedio de los árboles, la distancia media de extracción y el sentido y magnitud de la pendiente. Cada sitio creado es almacenado en el sistema para su uso en futuras simulaciones.

El parque de máquinas perteneciente a cada empresa usuaria del sistema es definido por medio de un módulo destinado a la creación y modificación de máquinas. Para cada máquina nueva se define un código identificador, tipo, marca y modelo del equipo, tipo de implemento utilizado, valor actual y valor residual esperado del equipo, el sistema rodante y el implemento, cantidad de horas actuales. En cada caso deben definirse el número de turnos de trabajo asignados y la eficiencia operacional de la máquina. En relación a los costos, para cada máquina puede definirse el costo horario de operación final, o en su defecto, indicarse los consumos horarios de combustible, aceite lubricante, fluido hidráulico, aceite para cadena, el sueldo básico del operario, y el importe de los incentivos por producción, dejando en manos del sistema el cálculo de un costo horario de operación estimado.

Las maquinas definidas en la etapa anterior luego son asignadas a los distintos grupos de cosecha que posee la empresa. Estas asignaciones pueden cambiar a criterio del usuario de la misma manera que en la práctica una maquina puede ser reasignada a otro frente de trabajo. A su vez, para cada grupo de cosecha puede definirse la duración en horas del turno de trabajo, el número de turnos diarios, el número de días laborales de la semana y el mes, el margen de ganancia esperado y el precio que paga el contratante por el servicio.

Los usuarios del sistema también pueden definir los valores de distintas variables globales, como la importancia de los costos administrativos, la tasa de interés general, la importancia de las reparaciones, etc.

El proceso de simulación se realiza siguiendo un asistente de configuración compuesto por los siguientes pasos (Ver **Figura N° 1**):

- 1 – Selección del sitio de trabajo: El usuario elige un sitio de entre los que fueron configurados previamente.
- 2 – Selección del grupo de cosecha: El usuario define que grupo de cosecha realizará la operación de cosecha.
- 3 – Selección del sistema de cosecha: El usuario define el sistema de cosecha a utilizar. Si el sistema de cosecha no es compatible con las maquinas asignadas al grupo de cosecha utilizado recibirá un aviso y se detendrá el asistente.
- 4 – Selección de la combinación de máquinas a simular: El usuario define la combinación de máquinas que realizarán cada actividad del sistema de cosecha. En esta etapa puede ajustarse el equilibrio del sistema de cosecha, seleccionando distintas combinaciones de equipos.
- 5 – Definición del periodo de tiempo a simular: El usuario debe seleccionar el periodo de tiempo para el cual desea obtener los resultados de la simulación.
- 6 – Presentación del resultado de la simulación: Los distintos resultados que produce el proceso de simulación se presentan al final del asistente, organizados por secciones:
  - a- Resumen de las características del sitio a cosechar.
  - b- Resultados para cada máquina de la productividad efectiva ( $m^3/h.ef$ ) calculada por medio de los modelos de regresión incorporados en el sistema y del costo horario de operación ( $$/h.ef$ ) calculado por medio de la estructura de costos integrada y los valores definidos por el usuario.
  - c- Resultados para cada máquina de la productividad horaria real y el costo unitario de producción ( $$/m<sup>3</sup>)$
  - d- Resumen por actividad de la producción potencial en el periodo de tiempo definido, identificación de la actividad que resulta limitante y tiempo mínimo de operación de cada clase de equipo para alcanzar esta productividad máxima. Resumen del costo unitario de producción para cada actividad.

- e- Análisis económico y planificación para el periodo fijado: Resumen de la producción total alcanzada, tiempo necesario para cosechar el sitio actual, costo de producción bruto, margen de ganancia deseada, tarifa propuesta antes de impuestos, margen de ganancia entre la tarifa propuesta y el precio fijado.



**Figura N° 1: Flujo general de la información en el Simulador de Cosecha Forestal.**  
**Graphic N° 1: General flow of information in the Forest Harvest Simulator.**

La sección reservada a la administración del sistema incorpora herramientas destinadas a la administración de empresas, actualización de coeficientes y precios de insumos, gestión de las máquinas e implementos disponibles en el sistema, gestión de los modelos de regresión incorporados, creación y modificación de sistemas de cosecha y vinculación permanente entre máquinas – especies – sistemas. Esto posibilita la actualización constante del simulador, manteniendo la calidad de las predicciones de producción y costos, e incorporando nuevas máquinas, nuevos modelos de regresión y nuevos sistemas de cosecha en la medida que avance la investigación en este campo.

## Conclusiones

El simulador de cosecha forestal ha sido desarrollado como una plataforma online de asistencia a la planificación de la cosecha forestal para contratistas de cosecha o empresas forestales integradas. La posibilidad de configurar el parque de máquinas de cada empresa y diseñar grupos de cosecha, junto con la flexibilidad para implementar cambios rápidos en las configuraciones, permiten a los usuarios del sistema predecir el comportamiento de las operaciones de cosecha y experimentar con diferentes combinaciones de situaciones y equipos hasta alcanzar configuraciones que consigan maximizar la producción y reducir los costos finales.

La incorporación de modelos de regresión para la predicción de la productividad de las maquinas forestales bajo diferentes condiciones de sitio resulta un avance respecto a desarrollos anteriores al incorporar el efecto de las distintas variables silvícolas y topográficas en la productividad de los equipos y en los costos de producción finales. De esta forma se ofrece a los usuarios una herramienta de planificación fundada en conocimientos científicos adquiridos en un proceso de desarrollo conjunto que vincula a diferentes actores del sector forestal.

Como servicio ofrecido por el APF, el simulador de cosecha forestal formará parte de un proceso de mejora continua en el que, además del mantenimiento regular y las actualizaciones necesarias para su funcionamiento, se trabajará en la incorporación de nueva maquinaria, sistemas de cosecha y situaciones de trabajo. De esta forma el simulador de cosecha forestal queda conformado como un vínculo entre el proceso de investigación académica y las empresas que trabajan en la cosecha forestal.

## **Bibliografía**

- Acuña, E., Draque, F., Garcias, M., 2011, Una aplicación de apoyo a la toma de decisiones para el costeo de maquinarias de cosecha forestal, *Rev. Árvore*, Viçosa –MG, v.35, n. 1, pp: 165-162.
- Carey, P., 1997, Metodología para el diseño de un sistema informático para el apoyo en la planificación de operaciones forestales, *Rev. Bosque*, v.18, n.1, pp: 83-88.
- Crechi, E., Fassola, H., Keller, A., Barth, S., 2006, Modelos de estimación del volumen individual de árboles con y sin corteza de *Pinus taeda* L. para la zona de Norte de Misiones, Argentina, En: 12ª Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, 2006, Eldorado. *Anales... Eldorado*, pp: 14.
- Dykstra, D.P., 2003, RILSIM: A Financial Simulation Modelling System for Reduced-Impact Logging. Second International Forest Engineering Conference, 13-15 May 2003, Växjö, Suecia.
- Guimaraes, H., 2000, A integração da colheita de madeira com a tecnologia de implantação dos novos plantios. Seminário de atualização sobre sistemas de colheita de madeira e transporte florestal, 11. *Anales... Curitiba*. pp: 42 – 53.
- Mac Donagh, P.; Gonzales, J.; Sosa, G.; Núñez, P.; Durán, D., 2005, Modelos de producción de cosecha de *Pinus spp* para el NE de Argentina. II Congreso Latinoamericano de IUFRO. La Serena, Chile.
- Malinovski, R., 1983, Metodologia do Custo – Hora para máquinas Florestais. IV Curso de Atualização sobre sistema de Exploração e Transporte Florestal. Curitiba, Brasil, pp: 55 - 70.
- McDonagh, K.; Rien Visser, J.M.; Russell, D. M.; Shaffer, R. M.; Prisley, S. P., 2002, Systems Dynamics Simulation To Improve Timber Harvesting System Management Blacksburg, *J. Appl. For., Virginia*. South. V.28, n.2, pp: 91-99
- Stöhr, G. W. D, 1977, Calculo de custos de maquinas florestais., *Floresta*, Curitiba, v. 8, n. 2, pp: 23-30.

**EVALUACIÓN DE PROYECTOS FORESTO INDUSTRIALES. EL CASO DE UN ASERRADERO EN LA PROVINCIA DE CORRIENTES (ARGENTINA)**

**FORESTO INDUSTRIAL PROJECT EVALUATION. THE CASE OF A SAWMILL IN THE PROVINCE OF CORRIENTES (ARGENTINE)**

**Molina, Néstor A. y Ruizdiaz, Rosa A.**

Lic. en Economía, INTA EEA Bella Vista, Colonia 3 de Abril, Bella Vista (Corrientes), [nmolina@correo.inta.gov.ar](mailto:nmolina@correo.inta.gov.ar)

Ingeniera Forestal, INTA EEA Bella Vista, Colonia 3 de Abril, Bella Vista (Corrientes), [ruizdiaz@correo.inta.gov.ar](mailto:ruizdiaz@correo.inta.gov.ar)

**Resumen**

Corrientes dispone de 500.000 hectáreas forestadas, siendo éstas un insumo para la actividad foresto-industrial, se estima un consumo aparente de 1.6 millones de toneladas anuales, en el cual solo el 30% se industrializa en la provincia, el resto se procesa en Misiones y Entre Ríos. Se presenta un análisis de prefactibilidad económica de una planta productora de madera para pallets, cajones de frutas y chips con destino al mercado interno, con una capacidad instalada de 60.000 toneladas por año de madera para pallets, 120.000 de tablas para cajones y 72.000 de chips, siendo la región de localización del proyecto los departamentos de Concepción, Saladas, San Roque, Bella Vista, Lavalle, Goya y Esquina. Los indicadores de rentabilidad indican una Tasa Interna de Retorno - TIR de 43% y un Valor Actual Neto - VAN (descontado al 20%) de \$5.013.275 evaluados en enero de 2014. Con un dólar a \$7.

**Palabras clave:** prefactibilidad económica, inversión forestal, pallets, cajones, chips

**Summary**

Corrientes has 500,000 hectares of forest, these being an input to the forest industry activity, apparent consumption of 1.6 million tons per year, in which only 30% is industrialized in the province, it is estimated the rest is processed in Misiones and Entre Ríos. An analysis of economic pre-feasibility of a plant to produce wood for pallets, crates of fruit and chips for the domestic market, with an installed capacity of 60,000 tons per year of wood pallets, 120,000 drawer table is presented and 72,000 chip, being the location of the project region departments of Concepción, Saladas, San Roque, Bella Vista, Lavalle, Goya and Esquina. Profitability ratios indicate an Internal Rate of Return - IRR of 43% and Net Present Value - NPV (discounted at 20%) assessed \$ 5,013,275 in January 2014. With a 7 pesos to a dollar.

**Key words:** economic feasibility, forestry investment, pallets, crates, chips

## Introducción

Los antecedentes de este proyecto foresto industrial son nacionales, provinciales y territoriales: Nacionales: En 1932 se crea la Sección Técnica de Bosques dentro de la Dirección de Tierras del Ministerio de Agricultura de la Nación, que puede ser considerado como el punto de partida de las actividades específicas del sector forestal. En 1943 se crea la Dirección Forestal, *en reconocimiento de la importancia del recurso forestal en la economía nacional* (Fernández, 1999), que posteriormente se transforma en la Administración Nacional de Bosques. Hasta el año 1948 el país carece de un cuerpo legal exclusivo para el patrimonio forestal.<sup>i</sup> Provinciales: por Decreto Provincial 1501 de 1951 se crea la Dirección Provincial de Bosques que adhiere al régimen de defensa, mejoramiento y ampliación de la riqueza forestal Ley 13.273<sup>ii</sup>. Esta ley se modificó durante cuatro décadas y fue ordenada por el decreto 710/1995, que incluye disposiciones de la ley 23.696 de Reforma del Estado y Desregulación Económica<sup>iii</sup>. La superficie forestada en Corrientes alcanzó en 2008 las 418.134 hectáreas (Elizondo, 2009) y se estima que se incrementó en la actualidad a 500.000 hectáreas por presentaciones de planes forestales, las autoridades provinciales piensan alcanzar en el año 2020 las 750.000 hectáreas forestadas<sup>iv</sup>. De las 8 millones de toneladas de madera que se produce anualmente, solo el 30% se industrializa en la Provincia, el resto sale como materia prima a Misiones y Entre Ríos. Se estima que para el año 2016, la producción de madera en Corrientes aumentará significativamente y será imprescindible que se radiquen nuevas e importantes industrias forestales, capaces de absorber la materia prima para su transformación. La industria forestal está conformada por 232 aserraderos, 313 carpinterías y 12 impregnadoras con un consumo aparente por año de 1,6 millones de toneladas (Censo Foresto – Industrial 2005). Si bien el potencial de crecimiento del sector es enorme, se ve restringido por deficiencias de infraestructura (especialmente energía eléctrica y transporte), limitaciones de acceso a crédito, falta de disponibilidad de personal técnico capacitado y falta de incentivos regulatorios adecuados en el caso particular de la biomasa forestal, entre otros factores clave<sup>v</sup>.

Territoriales. En el centro sur de Corrientes, Ruiz Díaz y Zimmermann (2008) realizaron un censo de aserraderos y actividades industriales relacionadas al uso de la madera en la zona centro sur provincial. Se cuenta con una base de datos de las 91 empresas radicadas en la jurisdicción de la EEA INTA Bella Vista actualizada a Julio del 2005 y armada para seguir actualizando periódicamente. De acuerdo a la cantidad de empresas radicadas dentro del área de estudio, se observa que los departamentos de Concepción y Lavalle son los más importantes del sector foresto-industrial. El 96% de las empresas son aserraderos, principalmente de maderas cultivadas y el 80% son empresas pequeñas, lo que hace difícil lograr producción de calidad y buena cantidad. Esto se debe a factores como maquinaria no recomendada o en mal estado, bajo nivel de educación del personal (74% este en este nivel, de los cuales 14% son analfabetos, 60% con educación primaria y no todos tienen completa). Ingresan a estas empresas 74.791 toneladas de madera por mes, (especies cultivadas: 99,1%). En general les interesa trozas de buen diámetro, pese a que para la comercialización en el mercado interno, que como se dijo es el 95% de la producción, no utilizan, hasta el momento, ninguna norma de tipificación, ni certificación. El 91% de los residuos industriales se desecha, y el 5% de los empresarios tienen monte propio.

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis económico de una planta productora de madera para pallets, cajones de frutas y chips con destino al mercado interno, con una capacidad instalada de 60.000 toneladas por año de madera para pallets, 120.000 de tablas para cajones y 72.000 de chips, siendo la región de localización del proyecto los departamentos de Concepción, Saladas, San Roque, Bella Vista, Lavalle, Goya y Esquina.

## **Materiales y métodos**

Los datos técnicos y estudio de mercado se obtienen de entrevistas a empresarios localizados en la región, siendo la información exclusivamente de fuente primaria. Los datos de precios del mercado local se obtienen de fuentes secundarias, especialmente el Boletín de Precios de Productos y Servicios Forestales del INTA EEA Bella Vista<sup>vi</sup>. La metodología utilizada es la evaluación de proyectos de inversión (Sapag Chain, 2004 y Baca Urbina, 1996), donde el estudio de prefactibilidad o *anteproyecto* profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto, y es la base en que se apoyan los inversores para tomar una decisión. La evaluación se realizó en enero de 2014.

**Programa de producción:** se definió un horizonte de planeamiento de 10 años. Se parte de una capacidad de planta de 98.000 toneladas hasta alcanzar las 123.000 en el año 4 y se mantiene constante hasta el año 10, tomando como base las consultas a empresas en marcha en la región y proveedores de bienes de capital regional.

Esta capacidad de producción corresponde a la de una planta *normal*, análoga a plantas locales que participan de la producción con destino al mercado interno. La jornada de trabajo se fija en dos turnos de 8 horas, trabajando 4.800 horas anuales. Como en la práctica el aprovechamiento de la capacidad de instalación se incrementa paulatinamente a medida que el personal adquiere la destreza necesaria, se considera un programa de producción que va desde el 80% en el año 1, 90% en el año 2 y 100% desde el año 4 hasta finalizar el proyecto en el año 10. La capacidad instalada es madera para pallets 40.000 toneladas, tablas para cajones 60.000 y chips 23.000.

**Ingeniería de Proyecto:** El objetivo de este estudio es verificar la posibilidad técnica de fabricación del producto y establecer un tamaño óptimo y organizar los procesos requeridos para realizar la producción (Baca Urbina, 1996).

Los bienes a producir: Madera para pallets: 1 \* 1.2 m; Madera para cajones: 5 mm \* 60mm \* 96 cm; Madera para cajones: 32 mm \* 32mm \* 32 cm y Chip: Viruta por tonelada. Se requieren los siguientes procesos:

*Proceso 1. Corte en monte.* Se necesita un aprovisionamiento que varía entre 750 - 950 ton/ día, en montes ubicados a una distancia máxima de 100 Km del aserradero. Con dos cargadores se procede a la carga del camión en el monte forestal y se traslada a la playa del aserradero. Maquinaria: Cargador (2), Camiones (2), Estado Bueno Requerimiento de Mano de Obra: 4 operarios.

*Proceso 2. Madera para Pallets.* En la playa de descarga, se cargan los troncos de eucalipto sobre un carro. Al primer corte con sierra, sigue la panera, seca la otra cara y se la pone a la medida, después pasa a dos tableras que saca la medida adecuada y pasa a la despuntadora para finalizar el proceso. Maquinaria: Cargadora Frontal (2), Rieles (2), Carro con sierra (2), Panera (2), Tableras (2) y Despuntadoras (2). Requerimiento de Mano Obra: 21 operarios.

*Proceso 3. Tablas para cajones.* La cargadora central trae desde la playa y coloca en el carro que corta el rollo a un diámetro de 8 a 12 cm. Pasa a la panera, después a la tablera y finaliza el proceso. Maquinaria: Cargadora Frontal (1), Carro (1), Sierra (1), Tablera (1), Estado Bueno Requerimiento de Mano de Obra: 8.

*Proceso 4. Chips.* Pasa a cinta el desperdicio de los procesos anteriores (40% del volumen de madera), pasa a chipeadora, después a una tolva y se carga a un camión. Maquinaria: Chipeadora (1). Requerimiento de Mano de Obra: 4

*Proceso 5. Taller de Afilación.* Presta servicio de mantenimiento. Maquinaria: Afiladoras (1), Laminadora (1), Trabadora (1), Soldadora de hoja (1), Herramientas. Requerimiento de Mano de Obra: 1

## Resultados y discusión

### Análisis económico financiero.

Inversión fija. La inversión inicial se realiza en el año cero, en el cual se adquiere el terreno, el valor de los bienes de uso tiene incorporado su instalación. Se incorpora un equipo contra incendios. La inversión inicial alcanza a \$6.899.500. Al finalizar el proyecto, se fija un valor residual de \$355.267 que ingresa al flujo de fondos.

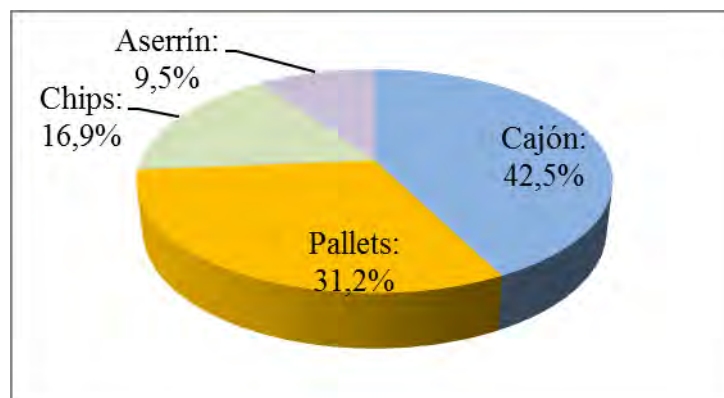
**Tabla 1: Inversión Inicial.**  
**Table 1: Initial investment**

Concepto	Cantidad	Valor	Total	Vida Útil	Amortización
<b>Capital de Trabajo</b>			<b>3.000.000</b>		
Efectivo			3.000.000		
<b>Equipo de capital</b>			<b>3.899.500</b>		<b>355.267</b>
Terreno (has)	2	40000	80.000	-	-
Construcción			519.500		25.267
Oficina	20	3000	60.000	50	1.200
Mobiliario de oficina	1	15000	15.000	10	1.500
Equipo PC	3	13500	40.500	5	8.100
Telefono + Fax	3	2000	6.000	5	1.200
Tinglado para 2 líneas pn pa	665	400	266.000	30	8.867
Tinglado para construccion. Tal	150	400	60.000	30	2.000
Tinglado para chip (m2)	150	400	60.000	30	2.000
Tinglado para Taller de afila	30	400	12.000	30	400
<b>Máquinas y herramientas</b>			<b>2.345.000</b>		<b>234.500</b>
Cargadores frontales Deutz	3	400000	1.200.000	10	120.000
Carro para sierra Mereles	3	15000	45.000	10	4.500
Paneras con sierra	3	100000	300.000	10	30.000
Tableras con sierra	2	100000	200.000	10	20.000
Chipeadora	1	160000	160.000	10	16.000
Despuntadores sierra circular	2	40000	80.000	10	8.000
Cargador frontal en forestaci	2	80000	160.000	10	16.000
Equipo de Taller de Afilado	1	200000	200.000	10	20.000
Equipo contra incendios		205.000	205.000		20.500
- Extintores ABC, hidrantes	1	65000	65.000	10	6.500
- Bomba contra incendios	1	40000	40.000	10	4.000
- Pararrayos	1	30000	30.000	10	3.000
- Tanque de agua interno	1	70000	70.000	10	7.000
Rodados			750.000		75.000
Camioneta Modelo 2010	1	150000	150.000	10	15.000
Camión Herman Modelo 20	2	300000	600.000	10	60.000
<b>Inversión Inicial</b>			<b>6.899.500</b>		<b>355.267</b>

Ingresos. El volumen a producir, por una cuestión comercial queda de la siguiente forma: En el primer proceso: 73.65%. (a) Producción de maderas para cajón: 42.50%, (b) Producción de maderas para pallets: 31.15%. En el segundo proceso, se separa el aserrín del residuo: 26.35% (a) Producción para cajón: residuo con destino a chips: 25% y aserrín: 15%. (b) Producción para pallets: 20% y 10%, respectivamente. Quedando el patrón de industrialización de la madera según la figura 1.



**Figura 1: Distribución de la madera por productos: Primer y segundo proceso.**  
**Figure 1: Distribution of wood products. First and second process**



La Tabla 2 muestra los ingresos anuales en miles de pesos, teniendo en cuenta que los precios netos de IVA de pallets de \$315/t.; cajones \$420/t. y chips \$140/t.

**Tabla 2: Ingresos del Proyecto, en miles de pesos**  
**Table 2: Revenue Project, in thousands of pesos**

Concepto	1	2	3	4/10
Pallets	12.848	14.457	15.304	16.095
Cajones	18.001	20.256	21.443	22.551
Chips	2.320	2.610	2.763	2.906
Ingresos Anuales	33.168	37.323	39.510	41.551

Egresos. Madera: \$225 por tonelada de madera procesada. Representa el 72% del costo del proyecto. Personal: la Tabla 3 establece el requerimiento de personal durante la vida del proyecto y el salario por hora. Representa el 10% del costo.

**Tabla 3. Requerimiento de personal y salario por categorías<sup>vii</sup>**  
**Table 3. Personnel and salary requirement by category**

Personal requerido	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4-10	Salario /hora
Permanente	33	41	45	49	28,89
Profesional	1	1	1	1	25,93
Técnico	1	1	1	1	21,34
Administrativos y comercial	3	3	3	3	21,34
Operarios (1 operario cada 5,600 t)	28	36	40	44	21,02
Temporarios	3	4	4	5	20,63
Mano de obra	36	45	49	54	

Flujo de Fondos. El proyecto arroja una Tasa Interna de Retorno de 43.0% y un Valor Actual Neto (descontado al 20%) de \$5.013.275, (Tabla 4)

**Tabla 4: Flujo de Fondos**  
**Table 4: Funds Flow**

Concepto	0	1	2	3	4	5 - 9	10
Inversión Inicial	6.900						
Ingresos		33168	37323	39510	41551	41551	41551
Recupero							355
Egresos		30202	34327	36465	38159	38491	38491
Materia Prima		22060	24823	26278	27635	27635	27635
Mano de obra		2561	3221	3538	3560	3861	3861
Energía y Combustible		618	695	736	774	774	774
Servicios		150	150	150	150	150	150
Repuestos y Reparaciones		662	745	788	829	829	829
Gastos de ventas		332	373	395	416	416	416
Gastos bancarios		995	1120	1185	1247	1247	1247
Gastos administrativos		80	80	80	80	80	80
Otros gastos		2746	3121	3315	3469	3499	3499
Flujo de fondos	(6900)	2966	2996	3045	3392	3060	3416

- a) Energía y combustible: 2.8% sobre madera procesada
- b) Servicios: incluye seguridad, telefonía e internet.
- c) Repuestos y reparaciones: 3% sobre madera procesada
- d) Gastos de Ventas: 1% sobre ingresos
- e) Gastos bancarios: 3% sobre ingresos
- f) Gastos administrativos: incluye seguros y honorarios profesionales
- g) Otros gastos: incluye 15 días laborales perdidos.

Sensibilidad: Analizando cambios en el flujo de fondos, se observa que la tasa interna de retorno cae a 0 cuando el nivel de producción y ventas disminuye un 32.75% y los precios un 6.43%. Y se necesitan 2 años y 3 meses para recuperar la inversión inicial.

### Conclusiones

La evaluación económica para la implementación de una industria foresto industrial que ofrecerá al mercado interno tabla para pallets, cajones y chips en la Provincia de Corrientes, es económicamente rentable si se siguen los parámetros establecidos de ingresos, costos y tasa de descuento indicada. El proyecto ofrece una rentabilidad del 43,0% y un valor actual neto de 5 millones de pesos y la inversión retorna a los 2 años y 3 meses, período bastante breve como para concluir que la inversión no implica grandes riesgos.

El análisis de sensibilidad pone de manifiesto que el proyecto deja de ser rentable si cae la demanda en más del 32,75% o el precio en un 6,43%.

También se debe considerar que con una inversión inicial de 7 millones de pesos se generan 33 puestos de trabajo en el año 1, hasta alcanzar 49 puestos cuando el proyecto se encuentra en marcha, lo que da una inversión de \$141.000 por cada puesto de trabajo.

## Bibliografía

- Baca Urbina, G. (1996): Evaluación de Proyectos. Tercera Edición. Mc Graw Hill. México. 340 p. <http://www.slideshare.net/guest4e4af2/evaluacion-de-proyectos-baca-urbina> (Consulta: 05/02/2014)
- Elizondo, M. (2009): Primer Inventario Forestal de la Provincia de Corrientes: Metodología, Trabajo de campo y Resultados. Consejo Federal de Inversiones. 70 p. <http://www.cfired.org.ar/Default.aspx?nId=8305> (Consulta: 05/02/2014)
- Fernández, N. (1999): Reseña Histórica de la Institución forestal argentina. 5 p. <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/biblos/ifona22.htm> (Consulta: 05/02/2014)
- Ruizdiaz, R., y Zimmermman, J. (2008): Situación del sector foresto industrial en la zona centro y suroeste de Corrientes. INTA EEA Bella Vista. Serie Técnica 26. 16 p. [http://inta.gob.ar/documentos/situacion-del-sector-foresto-industrial-en-la-zona-centro-y-suroeste-de-corrientes/at\\_multi\\_download/file/INTA-Situaci%C3%B3n-del-sector-foresto-industrial-%20corrientes.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/situacion-del-sector-foresto-industrial-en-la-zona-centro-y-suroeste-de-corrientes/at_multi_download/file/INTA-Situaci%C3%B3n-del-sector-foresto-industrial-%20corrientes.pdf). (Consulta: 05/02/2014)
- Sapag Chain, N. (2004): Evaluación de Proyectos de Inversión en la Empresa. Pearson Education SA. Buenos Aires. 302 p. <http://www.utntyh.com/alumnos/wp-content/uploads/2013/09/Evaluacion-de-Proyectos-de-Inversion-En-La-Empresa-Sapag-Chain-Nassir.pdf> (Consulta: 05/02/2014)
- Zarrilli, A. (2003) *La explotación forestal de los bosques chaqueños argentinos (1895-1948)*. 47 p. [http://www.historia.fcs.ucr.ac.cr/articulos/2003/4vol4\\_n2zarrilli2.htm](http://www.historia.fcs.ucr.ac.cr/articulos/2003/4vol4_n2zarrilli2.htm) (Consulta: 05/02/2014)

---

<sup>i</sup> Un informe en la Cámara de Diputados en 1948 establece: *La necesidad de dictar normas protectoras de nuestros bosques es evidente. El viajero que recorre el norte del país de Este a Oeste, visitando las gobernaciones de Misiones, Chaco y Formosa y las provincias de Corrientes, Santiago del Estero, Córdoba, Salta y Jujuy, puede constatar que sus bosques, otrora valiosísimos, han sido sometidos a explotaciones inconsultas y que varias especies arbóreas han desaparecido o poco menos* (Zarrilli, 2003)

<sup>ii</sup> <http://www.senadoctes.gov.ar/php/buscasimple110dip.php> y

<http://www.hcdcorrientes.gov.ar/RECOPIACIONES/Listadodecretos-21-12-2012.pdf>

<sup>iii</sup> Disolución del IFONA – Instituto Forestal Nacional en 2001

<sup>iv</sup> Ministro Vara, MPTT en el lanzamiento del censo forestal 2012.

[http://neacorientesforestal.blogspot.com.ar/2012\\_04\\_01\\_archive.html](http://neacorientesforestal.blogspot.com.ar/2012_04_01_archive.html)

<sup>v</sup> Caracterización del sector forestal de la Provincia de Corrientes.

<http://neacorientesforestal.blogspot.com.ar/p/informacion-tecnica.html>

<sup>vi</sup> <http://inta.gob.ar/documentos/boletin-de-precios-de-productos-y-servicios-forestales-octubre-de-2013/>

<sup>vii</sup> Salario según Acuerdo Salarial 2013: aserraderos, envases y afines para Octubre 2013