

Quebracho

Revista de Ciencias Forestales

Publicación anual, editada por la Facultad de Ciencias Forestales
de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

Av. Belgrano (S) 1912 – 4200 Santiago del Estero, Argentina. Tel. +54-385-450-9550 Fax. 54-385-439-5550
E-mail: revistaquebracho@unse.edu.ar <http://fcf.unse.edu.ar/index.php/quebracho-revista-de-ciencias-forestales/>

Diciembre 2017

Volumen 25 (1,2)

Comité editor interno

Equipo Editor Principal

M. Sc. Norfolk Ríos
Ing. Ind. Forestales Myriam Ethel Ludueña
Téc. Fabián Zubrinic

Editores Asociados titulares

Dra. Ana María Giménez
Dra. Juana Graciela Moglia
Dra. Sandra Josefina Bravo
Dr. Diego Meloni
Dr. Miguel Sarmiento

Editores Asociados suplentes

Dr. Carlos Turc

Comité editor externo

M.Sc. Manuel Chavesta Custodio / UNALM. Lima, Perú.
Dra. Maria Elena García Delgado / UE. Cáceres, España.
Dra. Maria Teresa Sobrero / UNSE. Santiago del Estero, Argentina.
Dra. Sonia C. Calvo / UNC. Córdoba, Argentina.
M.Sc. Walter I. Abedini / UNLP. La Plata, Argentina.
Dra. Graciela I. Bolzón / UFP. Curitiba, Brasil.
M.Sc. Juan Adolfo López / EEA INTA Bella Vista. Corrientes, Argentina.
M.Sc. Ada S. Albanesi / UNSE. Santiago del Estero, Argentina.
Dr. Sigfredo Ortuño Pérez / UPM. Madrid, España.
Dr. Santiago Barros Asenjo / INFOR. Santiago, Chile.
Dr. Carlos Sanqueta / UFP. Curitiba, Brasil.
Dr. Manuel Moya Ignacio / UE. Plasencia. España.

Asistentes editoriales

Revisión Inglés: *MTEFL Ing. I.A.A. Ramón Ledesma*

Edición

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Santiago del Estero
República Argentina

El objetivo de Quebracho es difundir trabajos científicos, notas técnicas y comunicaciones referidos a temas de interés en las Ciencias Forestales y cuyo ámbito geográfico sea, en orden de prioridad: el Parque Chaqueño Seco, Argentina, América Latina y el Mundo.

Se invita a los investigadores forestales a publicar en Quebracho. Las contribuciones serán sometidas a un sistema de arbitraje que consiste en el examen de las mismas por dos referentes como mínimo, quienes juzgarán su aptitud para ser publicadas y harán sugerencias u observaciones en caso de revisión. Los jueces son investigadores de reconocida trayectoria en diferentes centros de la República Argentina, América y Europa.

Incorporada por **CONICET** y **CAICYT** (Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica) al núcleo básico de Revista Científicas de Argentina mediante Resol. 1071/07 en el rubro Ciencias Agrarias, Ingeniería y Materiales.

Quebracho está indizada por **Forestry Abstracts** y **Forest Products Abstracts**.

Ha sido calificada por el **Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica** como publicación periódica de primer nivel y como tal está incluida en el catálogo **LANTINDEX**.

Quebracho. Revista de Ciencias Forestales **ha sido aprobada para ingresar a la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Red ALyC), ya que cumple con los criterios de calidad evaluados en Red ALyC.**

Financia



**FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES**
Ing. Néstor René Ledesma

REFERENTES

Dr. Alejandro Friedl
Dr. Alfredo Pais
Dr. Andrés Zurita
Dr. Antonio Royei Higa
Dr. Carlos Sanquetta
Dr. Cláudio H. Soares del Menezzi
Dr. Darien Prado
Dr. Enrique Javier Derlindati
Dr. Fábio Akira Mori
Dr. Fabio Moscovich
Dr. Federico Jorge Letourneau
Dr. Gabriel Loguercio
Dr. Héctor Gonda
Dr. Hugo Raul Zerda
Dr. Hugo Ruiz
Dr. Ignacio Aspiazú
Dr. Ivan Venson
Dr. José Antonio Díaz Zirpolo
Dr. José Aliandro Bezerra da Silva
Dr. José Corronca
Dr. José Luis Melo
Dr. José Omar Bava
Dr. Julio Arce
Dr. Luis Fornés
Dr. Mariano Codesido
Dr. Mario Pastorina
Dr. Mario Tomasello Filho
Dr. Omar Borsani
Dr. Pablo Laclau
Dr. Pedro Sansberro
Dr. Publio Araujo
Dr. Roberto Benech Arnold
Dr. Samuel Rivera
Dr. Walter Abedini
Dr. Walter Sione Ceregeo
Dra. Ana Haide Ladio
Dra. Ana Lilian Echevarría
Dra. Ana María Planchuelo
Dra. Cecilia Strabou
Dra. Jacqueline Joseau
Dra. Lilia del C. Mendizábal Hernández
Dra. Liliana Diodato
Dra. Luciana Elizalde
Dra. María Elena Gauchet
Dra. Mariana Basualdo
Dra. Miriam Izaguirre
Dra. Miryan Ayala
Dra. Mónica Balzarini
Dra. Nélida Carnevale
Dra. Nilda Dora Vignale
Dra. Patricia Hernández
Dra. Paula Campanello
Dra. Paulina Mocchitti
Dra. Pilar Díaz
Dra. Renita Betero Corrêa Frigeri
Dra. Sandra Bravo
Dra. Sandra Sharry
Dra. Silvia Aguilar Rodríguez
Dra. Stella Bogino
Dra. Susana Muruaga de L'Argentier
Ing. Forestal Rubén Costas
M. Sc. Ada Albanesi
M. Sc. Alicia Bohren
M. Sc. Beatriz Eibl
M. Sc. Carlos A. Gómez
M. Sc. Claudia Alzugaray
M. Sc. Diego López Lauenstein
M. Sc. Eugenia Toselli
M. Sc. Hugo Enrique Fassola
M. Sc. Ing. Elizabeth Carrizo
M. Sc. Juan Adolfo López
M. Sc. Mariano Agustín Hernández
M. Sc. Marta Gulotta
M. Sc. Patricia Rocha
M. Sc. Verónica Parra
Mag. Norma Vera
Mg. Manuel Palacio
Ph.D. Olga Patricia Pinzón

Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones
Universidad Nacional de Salta. Salta.
Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. Esquel
Universidad Federal de Paraná. Brasil
Universidad Federal de Paraná (UFPR). Curitiba. Brasil
Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasil
Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta
Departamento de Ciências Florestais. Universidade Federal de Lavras. Brasil
INTA EEA - Famaillá. Tucumán.
INTA - Bariloche. Campo anexo San Martín. El Bolsón. Chubut
CIEFAP y UNPSJB. Esquel. Chubut.
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Esquel. Chubut
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Federal de Viçosa. Brasil
Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba. Brasil
Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil.
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro. Brasil
Universidad Nacional de Salta
Universidad Tecnológica Nacional. Regional Buenos Aires
CIEFAP. Esquel. Chubut
Universidad Federal de Paraná (UFPR). Curitiba Brasil
INTA EEA – Famaillá. Tucumán
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad de Buenos Aires
INTA. Bariloche. Río Negro
Universidad de São Paulo. Brasil
Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Uruguay
INTA EEA - San Martín de los Andes. Neuquén
Instituto de Botánica del Nordeste. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
Utah State University. Logan. Utah. Estados Unidos
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata
Universidad Autónoma de Entre Ríos
INIBIOMA / CONICET. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén.
Fundación Miguel Lillo. Tucumán
Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba
Revista Forestal Veracruzana. Mexico
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Nacional de Comahue. Neuquén
INTA EEA - Montecarlo. Misiones
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires
INTA EEA - Formosa
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe
Universidad Nacional de Córdoba
Universidad Federal de Rondonia. Brasil
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
INTA EEA - Ing. Guillermo N. Juárez. Formosa
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario
Instituto Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales. INTA Córdoba
Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero
INTA EEA - Montecarlo. Misiones
Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero
INTA EEA - Bella Vista. Corrientes
INTA EEA - Bella Vista. Corrientes
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia

Editorial

Habiendo transcurrido el año 2017 y desde la mirada de la revista QUEBRACHO, se destacan hechos importantes para mencionar: en el plano internacional se escoge Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo y en el plano nacional se declara Año de las Energías Renovables.

La decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de designar 2017 como el Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo, llega en un momento particularmente importante. La comunidad internacional adopta la nueva Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Esta decisión se suma al reconocimiento por parte de los líderes mundiales en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Río+20). Plantea cómo construir una economía ecológica para lograr el desarrollo sostenible y sacar a la gente de la pobreza, y mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible.

*En el plano nacional y haciendo referencia a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y a partir del “Acuerdo de París”, en el año 2015, Argentina asumió el compromiso de incorporar las Energías Renovables como política de Estado. Por este motivo, el año 2017 fue declarado “**Año de las Energías Renovables**”, cuyo objetivo es fomentar su uso y concientizar sobre la importancia de la implementación de este tipo de energías para el desarrollo del país. En la década de los ´70, a partir de la Crisis Energética, se asumió la necesidad imprescindible, de una política de ahorro energético y búsqueda de nuevas fuentes de energía según las condiciones y posibilidades de cada país. Para ello se incentivó a que cada comunidad encuentre su propia alternativa energética en función de sus propios recursos naturales, por su menor impacto ambiental y por ser una garantía a futuro. Es un deber aprender a obtener energía de forma económica y respetuosa con el ambiente, y el uso eficiente de las mismas.*

Las principales condiciones de entorno que se deben dar en un país para que exista un desarrollo de las energías alternativas son: la calidad institucional y el cumplimiento de las normas regulatorias, la capacidad de adaptación de los países a nuevas tecnologías, el acceso al financiamiento, el conocimiento tecnológico y capital humano.

En el año 2013, una de las primeras iniciativas a nivel nacional, en donde la política energética y la ambiental coordinaron el desarrollo de fuentes de energía renovable, fue a través del proyecto para la promoción de energía derivada de la biomasa (PROBIOMASA), con asistencia técnica de la FAO, con 59 proyectos hasta la actualidad, puestos en funcionamiento.

En el año 2015, comienza el Programa RenovAr constituyendo una política de Estado de largo plazo con aptitud para asegurar los beneficios de las energías limpias para el país y sus habitantes, a través del uso de las fuentes renovables con destino a la producción de energía eléctrica.

En 2016 comienzan a surgir otras iniciativas a nivel nacional como ser: la Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER) que es una asociación sin fines de lucro que nuclea a empresas del sector de las energías renovables (bioenergías, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, hidráulica, mareomotriz, biomasa y geotérmica), la Cámara Argentina de Fabricantes de Equipos de Energía Solar Térmica (CAFEEST),

acompañada por el Ministerio de Energía y Minería, INTI, IRAM y el sector académico.

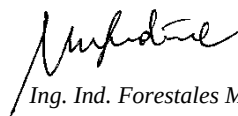
Desde la actividad universitaria también se están realizando acciones para fortalecer el área de investigación y transferencia, difundiendo estos conocimientos a través de publicaciones en revistas científicas que aporten su perspectiva sobre el uso de las fuentes renovables y la preservación de los sistemas ecológicos.

Finalmente, en el plano institucional local se construyó en estos últimos años el Complejo Académico Zanjón donde se encuentra el área de posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, destinado al desarrollo de las actividades del Doctorado en Ciencias Forestales, único en el país. Este posgrado está transitando su 9° año académico y tiene por objetivo formar recursos humanos de alto nivel con capacidad para realizar investigación independiente y original, innovación científico-tecnológica y gestión forestal y del ambiente. Cabe mencionar la inauguración del Complejo Edificio Jardín Botánico UNSE, donde se desarrollarán diversas actividades relacionadas a la docencia, investigación, vinculación y transferencia de conocimientos.

Con el afán de mejorar la práctica editorial de la revista científica Quebracho y aprovechar la tecnología para su visibilidad e inserción en el escenario de la comunicación global de la ciencia es que se refuerza el Acceso Abierto con actualizaciones que brinda Redalyc, a través de Marcalyc (la herramienta de marcación generada por Redalyc). Para ello, la revista participó de la certificación XML JATS online y de los XML JATS manejados por SciELO y Redalyc (Sistema de Información Científica Redalyc), lo que permite efectuar una lectura interactiva de un artículo científico, ya sea en una computadora o en un dispositivo móvil. Como así también participó, de la certificación 3.0: Marcación XML JATS, donde se mostró el procedimiento para efectuar la marcación de un artículo.

Procurando la excelencia académica, editorial y de contenido de la publicación científica argentina, a través de la revista científica Quebracho, es que se continúa con el rigor científico de sus artículos evaluados por pares.

Se espera sea de su agrado la lectura de los artículos publicados.



Ing. Ind. Forestales Myriam Ethel Ludueña

Equipo Editor
Revista Quebracho
Santiago del Estero, diciembre de 2017

Las opiniones vertidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no necesariamente reflejan los criterios ni la política de la Facultad de Ciencias Forestales. La mención de determinados nombres o modelos comerciales no implica aprobación ni recomendación por parte de la Facultad.

Cambio de denominación: A partir del año 2009 la publicación electrónica de la Revista Quebracho (ISSN 1851-3026) consta de dos fascículos. Asimismo se reemplaza la denominación "Número" por "Volumen". Ej.: Volumen 17 (1) 2009, Volumen 17 (2) 2009. La numeración de páginas será consecutiva. En tanto la versión impresa (ISSN 0328-0543) contendrá ambos fascículos. Ej.: Volumen 17 (1,2) 2009. Dicho cambio obedece a una necesidad de adecuación a nuevas políticas de publicación electrónica bajo el sistema SciELO.

Para canje de ejemplares y presentación de trabajos, dirigirse a la Secretaría de la Comisión de Edición de la revista *Quebracho*, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, 4200 Santiago del Estero, Argentina. Tel.: 54-385-422-1787, Fax: 54-385-439-5550, E-mail: revistaquebracho@unse.edu.ar Web site: http://fcf.unse.edu.ar/rev_quebracho.htm Tiraje: 500 ejemplares EJEMPLARES PARA CANJE.

TRABAJO CIENTÍFICO

Modelos aditivos de predicción de biomasa aérea de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de Misiones Argentina

Additive models for predicting biomass of Pinus elliottii var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Misiones Argentina

Boca, T.¹; H. Fassola²; E. Crechi²; S. Barth²; A. Keller²; R. Winck² y P. Ferrere³

Recibido en septiembre de 2016; aceptado en noviembre de 2017

RESUMEN

En los últimos años, el manejo forestal ha ido cambiando el concepto tradicional de la producción de madera a un enfoque global que contempla la producción de otros bienes tales como la dendroenergía y la fijación de dióxido de carbono. En este contexto, es necesario mejorar las estimaciones no solo de madera, sino también de otras fracciones de la biomasa tales como acículas y ramas. Con datos de híbridos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* fueron ajustados modelos de predicción para las componentes de biomasa. Se utilizó el método de estimación simultánea SUR (*Seemingly Unrelated Regressions* o regresiones que aparentemente no están relacionadas) para garantizar la aditividad de los modelos de las componentes de biomasa. Las variables explicatorias consideradas fueron diámetro a la altura del pecho y altura. Se obtuvieron ajustes con un $r^2=97\%$ para biomasa del fuste, 75 % para biomasa de acículas y 68 % para biomasa de ramas. Considerando que más del 65 % de la biomasa aérea se concentra en el fuste, aun en plantaciones jóvenes, los resultados se consideran apropiados. Se comparó la metodología SUR con el ajuste tradicional de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y se verificó una leve reducción en los intervalos de confianza de los coeficientes. Las estimaciones SUR constituyen una herramienta adecuada para la estimación de fracciones de biomasa aérea en plantaciones de pinos híbridos.

Palabras clave: Ecuaciones aparentemente no relacionadas; Biomasa arbórea; Modelos aditivos.

ABSTRACT

In recent years, forest management has changed the traditional concept for timber production to a global approach that includes the production of other goods such as dendro-energy and carbon dioxide fixation. In this context, it is necessary to improve the estimates of not only timber, but also other biomass fractions such as needles and branches. The predicting models of biomass components were fitted using *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* hybrids data. To guarantee the additivity of the biomass components models, the simultaneous estimation method SUR (*Seemingly Unrelated Regressions*) was applied to the diameter at breast height and height as independent variables. The goodness of fit coefficient (R^2) was 97 % for boles, 75 % for needles biomass and 68 % for branches mass. Considering that over 65 % of the aerial biomass corresponds to the bole, even in young trees, the results can be considered appropriate. The SUR methodology was compared to the traditional Ordinary Least Squares (OLS) method and showed a slight reduction in the coefficients confidence intervals. The statistical equations fitted are promising for future research of growth simulation models for hybrid pines.

Key words: Seemingly unrelated equations; Tree biomass; Additive models.

¹ Ing. Agr. MSc. INTA Central. Adolfo Alsina N° 1407, Piso 5 (C1033AAE), C.A.B.A. E-mail: boca.teresa@inta.gob.ar

² Ing. Ftale. EEA INTA - Montecarlo. Avda. El Libertador 2472, (3384) Montecarlo Misiones, Argentina.

³ Ing. Ftal. AER INTA - 9 de Julio. Buenos Aires, Argentina. Avda. Mitre 857, (6500), 9 de Julio.

1. INTRODUCCIÓN

Como respuesta al cambio climático global el sector forestal ha ido ampliando el foco del manejo desde la orientación exclusiva de la producción maderera hacia una visión que incorpore también los servicios ambientales (Bravo *et al.* 2008). Esto conlleva la necesidad de conocer la tasa y los patrones de partición de la biomasa en los distintos compartimentos del árbol para luego estimar la demanda de nutrientes en rodales de especies de rápido crecimiento (Adegbidi *et al.* 2002) y evaluar la sostenibilidad de estos sistemas. En los últimos años, el cultivo del *Pinus taeda* en Misiones, ha sido acompañado de una fuerte expansión del cultivo del pino híbrido, entre otras características por su mejor forma, sus altas tasas de crecimiento y menor tamaño de ramas, entre las principales características, por lo que también resulta necesario conocer el aumento de la productividad de esta especie en relación a las tradicionales para la producción maderera en la principal región forestal de Argentina.

En los bosques implantados están cobrando importancia aquellos desarrollados a partir de híbridos interespecíficos. En Australia durante la década de 1960 se iniciaron trabajos de hibridación entre *Pinus elliottii* var. *elliottii* (Engelm) x *Pinus caribaea* var. *elliottii* (Morelet) (Nickles 1992). Como resultado de estos cruzamientos se obtuvieron materiales con un comportamiento superior al de los parentales, despertando el interés en otras regiones forestales del mundo y Sudamérica (Nickles 1991, Dieters *et al.* 2006). Crechi *et al.* (2004) evaluaron la respuesta del pino híbrido y a la oportunidad e intensidad de raleos, encontrando diferencias significativas sobre el incremento y la producción total.

Cuando se quiere predecir más de un componente de la biomasa aérea de un árbol, es deseable que el procedimiento utilizado contemple las propiedades de aditividad (Borders 1989, Parresol 1999). Esto significa que la suma de las predicciones para cada componente corresponde a la predicción para la biomasa total del árbol (Carvalho *et al.*, 2003, Huiquan *et al.*, 2004). Zellner (1962) describió el método de estimación de regresiones aparentemente no relacionadas conocido como SUR (*seemingly unrelated regressions*). El mismo permite estimar los parámetros de un conjunto de ecuaciones de regresión de forma asintóticamente más eficiente que los obtenidos por la ecuación de mínimos cuadrados (Borders, 1989; Parresol, 1999). Este procedimiento ha sido empleado en econometría (Zivot y Wang, 2006) y en los últimos años, ha comenzado a aplicarse en los modelos de predicción de biomasa de árbol individual, pero teniendo en cuenta la correlación entre arboles dentro de la parcela (Rose, 2001). Russell *et al.*, 2009 desarrollaron estimaciones SUR en parcelas de árbol individual de 6 años de edad para determinar la biomasa aérea de *Pinus taeda* y el efecto de la densidad inicial de plantación. Schneider *et al.* (2008) calibraron las relaciones alométricas de *Pinus banksiana* Lamb. usando este tipo de estimaciones e incorporando variables de calidad de sitio que mejoraron las predicciones cuando se trabaja a escala regional. Sanquetta *et al* (2015) en Brasil, trabajando con *Pinus elliottii*, desarrollaron ecuaciones SUR para fracciones de biomasa de árboles individuales y encontraron mejores ajustes que estimando las componentes por separado.

Este trabajo tiene como objetivo estimar las componentes de modelos de biomasa aérea de pinos híbridos *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var *hondurensis* para la región agroecológica Misiones Norte de Argentina (Papadakis, 1974) aplicando modelos aditivos ajustados con la metodología SUR y contrastarlos con los modelos ajustados por estimadores mínimos cuadrados ordinarios MCO.

2. MÉTODOS

Área de estudio

La zona de donde se obtuvieron las muestras corresponde a la región fitogeográfica de la provincia Paranaense (Dominio Amazónico, Cabrera 1976), distrito de las selvas (Rodríguez *et*

al., 2005), que se corresponde con la zona agroecológica Misiones Norte (Figura 1). Los suelos de la región pertenecen al gran grupo de los Kandudultes (US Soil Taxonomy) conocidos localmente como tierra colorada o suelo rojo profundo (Mancini et al. 1964 y Ligier et al. 1990). Los mismos son derivados de la meteorización de la roca basáltica, siendo arcillosos en todo su perfil (INTA, 1972 - 1997). El clima según la clasificación de *Köppen* es de tipo *Cfa* (templado húmedo sin estación seca, macrotérmico, constantemente húmedo y subtropical) (Rodríguez et al., 2005). La precipitación media durante el período 1971-2011, fue de 1.885 mm en Iguazú, ciudad localizada al norte de la región considerada. La temperatura media anual en el mismo período fue de 21,6 °C (Olinuck, 2012).



Figura 1. Localización geográfica de las parcelas de muestreo
1: Lipsia S.A. 2: Trumpp hnos

Base de datos

Se constituyó con 24 ejemplares cortados en cuatro parcelas de muestreo establecidas en rodales de dos empresas de la región, Lipsia SA y Trumpp Hnos. (Figura 1). Los ejemplares tenían distintas edades de manera de representar el rango de las plantaciones comerciales existentes. Tres rodales tenían un manejo forestal intensivo con raleos comerciales tempranos y poda hasta 8 m de altura y pertenecían a la empresa Lipsia SA, ubicada en el departamento Iguazú y un cuarto con manejo silvopastoril, con aplicación de raleos precomerciales, podas y un raleo comercial, estaba ubicado en la empresa Trumpp Hnos del Departamento Montecarlo de la provincia de Misiones (Tabla 1). El muestreo se circunscribió a esos cuatro rodales, ya que su cultivo en la región aun no está suficientemente extendido y no hay mayor diversidad de sitios, clases de edades y regímenes silvícolas.

En las parcelas de muestreo se procedió a la medición del diámetro a 1,3 m (d) de todos los ejemplares. En cada una de ellas los árboles fueron ordenados por categoría diamétrica y divididos en tres clases: “pequeños”, “intermedios” y “grandes” (Köhl et al., 2006), siendo los límites de dichas clases variables para cada lote analizado en función de su edad y manejo”. De cada clase diamétrica se seleccionaron al azar dos ejemplares, cortándose seis árboles por parcela para la determinación de biomasa aérea. De los árboles cortados se midieron las alturas totales con las se construyeron relaciones hipsométricas para cada parcela, que permitieron estimar la altura de cada ejemplar, de modo de calcular la altura media (h) y la altura dominante (H_{dom}). Esta información permitió caracterizar los parámetros dasométricos de las parcelas de donde se obtuvieron los árboles muestra (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de los parámetros dasométricos de los rodales muestreados.

Edad años	N árboles ha ⁻¹	G m ² ha ⁻¹	dmc cm	h m	Hdom m	V s.c. m ³ ha ⁻¹
7	733	21,49	19,32	12,70	13,40	63,73
8	292	11,26	22,15	16,70	17,60	95,06
10	517	24,39	24,51	18,20	19,50	141,97
15	433	37,23	33,09	25,60	26,70	367,55

N: número de árboles; G: área basal; dmc: diámetro medio cuadrático; h: altura media; Hdom: altura dominante; V s.c.: volumen sin corteza

De cada ejemplar cortado se procedió a determinar el peso fresco total de acículas verdes y el de ramas. De estas fracciones se tomaron alícuotas que fueron llevadas a estufa a una temperatura de 70 °C hasta peso constante, aplicando luego los coeficientes obtenidos a los valores de peso verde para estimar las biomásas de acículas y ramas. El fuste del árbol fue trozado en largos comerciales hasta los 5 cm de diámetro en punta fina y en cada extremo de las trozas se tomaron dos diámetros en forma perpendicular con y sin corteza y se cortaron discos. El volumen de cada rollizo fue determinado mediante la fórmula de Smalian. De los discos, desde el centro hacia la periferia en ambos sentidos, se obtuvieron probetas de 2 x 2 cm, las cuales fueron llevadas a estufa a una temperatura de 103 °C+/-2 °C hasta peso constante para estimar densidad básica. Ésta se determinó mediante el método de desplazamiento volumétrico. El valor de densidad básica promedio obtenido de los discos de cada rollizo se aplicó luego al volumen sin corteza de los mismos para estimar su peso seco y de los árboles (Adegbi *et al.*, 2002, Pinazo *et al.*, 2007). El volumen de corteza del fuste no se consideró en estos cálculos. Los valores máximos, mínimos y promedios de las variables descriptivas de las parcelas y de los ejemplares cortados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de los árboles muestreados y de las componentes de biomasa (kg)

Árboles muestreados		Mínimo	Mediana	Promedio	Máximo	Coefficiente de variación (%)
d (cm)		14,3	25,6	25,5	45	30,2
h (m)		11,7	17	18,9	28,9	28,5
Componente de Biomasa	acículas	5,91	18,62	19,81	47,85	55,67
	ramas	5,96	28,95	35,47	132,50	80,15
	Fuste	30,52	101,30	167,40	580,30	88,95
Total		43,14	166,90	217,40	277,30	83,58

Análisis estadístico. Los modelos ajustados de forma simultánea para cada componente fueron previamente seleccionados entre los reportados comúnmente en la literatura (Burkhart, 2012) (Tabla 3). Las variables explicatorias fueron *d* y *h*. Las variables dependientes fueron: biomasa de acículas (*BAC*), biomasa de ramas (*BR*), biomasa del fuste (*BF*) y biomasa total (*BT*) todas expresadas en kilogramos. Se aplicaron transformaciones logarítmicas de las variables dependientes e independientes para lograr la homogeneidad de las varianzas y linealizar los modelos. Una vez realizadas las estimaciones se seleccionó aquel que mejor ajustaba para cada componente de biomasa en función de la significancia de los estimadores, los valores de R² (coeficiente de determinación) y del CME (cuadrado medio del error).

Tabla 3. Relaciones alométricas ajustadas a las componentes de biomasa

Modelo	Ecuación
1	$\ln(y) = \beta_{01} + \beta_{11} \cdot \ln(d) + \varepsilon$
2	$\ln(y) = \beta_{02} + \beta_{12} \cdot \ln(d) + \beta_{22} \cdot \ln(h) + \varepsilon$
3	$\ln(y) = \beta_{03} + \beta_{13} \cdot \ln(d) + \beta_{23} \cdot \ln(d^2 * h) + \varepsilon$
4	$\ln(y) = \beta_{04} + \beta_{24} \cdot \ln(d^2 * h) + \varepsilon$

En una segunda etapa se procedió al ajuste simultáneo de todas las componentes de biomasa bajo un sistema de ecuaciones que puede representarse en forma matricial según [1]

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad [1]$$

Donde:

Y = la matriz de p variables dependientes,

X = la matriz de incidencia para cada variable independiente,

β = vector de efectos a estimar,

ε = el vector de errores aleatorios y se asume que su distribución es Normal Multivariada ($0, \sum \sigma^2 I_{(N)}$).

Zellner (1962) formuló las regresiones aparentemente no relacionadas (SUR), como p ecuaciones de regresión, con posibles correlaciones entre los términos de error de las mismas. El modelo SUR se explicitó según el sistema matricial [2]

$$E(Y) = \begin{bmatrix} \hat{y}_{(BAC)} \\ \hat{y}_{(BR)} \\ \hat{y}_{(BF)} \\ \hat{y}_{(BT)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{(BAC)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_{(BR)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_{(BF)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_{(BT)} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_{(BAC)} \\ \beta_{(BR)} \\ \beta_{(BF)} \\ \beta_{(BT)} \end{bmatrix} = D * B; \quad [2]$$

El vector de coeficientes se estimó utilizando la fórmula [3]

$$\hat{B} = [D^t Q^{-1} D] [D^t Q^{-1} D]; \quad [3]$$

Donde Q es la matriz de ponderación basada en las covarianzas de las Y variables, según la forma [4]

$$Q = \hat{\Sigma} \otimes I_N \quad [4]$$

Los elementos de la matriz $\hat{\Sigma}$ de la ecuación [4] se calcularon como [5]

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{(N - df^*)} y' [I_N - H_i] [I_N - H_j] y_j; \quad [5]$$

Donde: $H_j = X_j (X_j' X_j)^{-1} X_j'$.

Como puede verse los modelos SUR son una aplicación particular de los modelos lineales generalizados.

Ajuste por transformación. Por último se estimó un factor de corrección según la ecuación [6] con el objetivo de eliminar la asimetría en la distribución que se produce en el proceso de transformación inversa, que se da al emplear la transformación logarítmica (Meyer 1941, Baskerville 1972).

$$K = e^{\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)} \quad [6]$$

Donde: K= coeficiente de corrección de la discrepancia logarítmica y σ^2 : varianza.

Los cálculos se realizaron en un entorno R (R Development Core Team 2012), aplicando las funciones de los paquetes *systemfit* (Arne y Hamann 2007) y *nlme* (Pinheiro *et al.*, 2011).

3. RESULTADOS

En el ajuste de los modelos independientes para cada componente de biomasa (Tabla 4), el modelo 1 fue el que mejor ajustó para biomasa de acículas (*BAC*) y biomasa de ramas (*BR*) dado que en ambos casos presentó el menor CME y el mayor R^2 , siendo la contribución de estas componentes a la biomasa total del 14 y 12 % respectivamente. Para biomasa del fuste (*BF*), siguiendo los mismos criterios se optó por el modelo 2 que además del *d* incluye la altura. Para dicha componente la contribución a la biomasa total es del 74 %.

Tabla 4. Valores estimados de los distintos parámetros de los modelos propuestos y sus coeficientes de ajuste
(*BAC* = biomasa de acículas, *BF* = biomasa del fuste, *BR* = biomasa de ramas)

	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}(\ln d)$	$\hat{\beta}(\ln d^2 \ln h)$	$\hat{\beta}(\ln h)$	R^2	CME	Modelo
$\ln(BAC)$	-1,85	1,47*	-	-	0,76	0,25	1**
	-1,83	1,49*	-	-0,03	0,76	0,26	2
	-2,23	1,66*	-0,01	-	0,76	0,26	3
	1,29	-	0,05*	-	0,69	0,28	4
$\ln(BF)$	-3,28	2,52	-	-	0,82	0,35	1
	-4,35	1,27*	-	1,743	0,97	0,14	2**
	4,09	-1,08*	0,14*	-	0,95	0,19	3
	1,78	-	0,10*	-	0,94	0,20	4
$\ln(BR)$	-3,29	2,06*	-	-	0,69	0,42	1**
	-3,17	2,20*	-	-0,19	0,69	0,43	2
	-3,40	2,12*	-0,002	-	0,69	0,43	3
	1,09	-	0,07*	-	0,64	0,45	4

*El valor estimado es significativamente distinto de cero con una confianza del 95 %.

** Modelo seleccionado

Bajo el ajuste simultáneo de los modelos seleccionados los valores de los parámetros resultaron muy similares en todas las fracciones al comparar los estimadores SUR y CMO (cuadro 5), excepto para biomasa de ramas donde los estimadores SUR tiene valores de ordenada al origen y de pendiente menores a los valores ajustados con estimadores CMO. También se registró una reducción leve en los intervalos de confianza al utilizar la metodología SUR respecto a la CMO (Tabla 5), haciéndolos más informativos.

Tabla 5. Valores estimados de los distintos parámetros bajo métodos CMO y SUR

	coeficiente	valor	CMO			valor	SUR		
			LI	LS	R ²		LI	LS	R ²
ln(BAc)	$\hat{\beta}_0$	-1,85	-3,02	-0,67	0,75	-1,84	-3,02	-0,67	0,75
	$\hat{\beta}_1$ (ln <i>d</i>)	1,47	1,11	1,84		1,47	1,10	1,84	
ln(BF)	$\hat{\beta}_0$	-4,35	-5,03	-3,66	0,97	-4,35	-5,03	-3,66	0,97
	$\hat{\beta}_1$ (ln <i>d</i>)	1,28	0,96	1,59		1,27	0,96	1,59	
	$\hat{\beta}_2$ (ln <i>h</i>)	1,74	1,41	2,08		1,74	1,41	2,08	
ln(BR)	$\hat{\beta}_0$	-4,48	-5,24	-1,33	0,68	-3,29	-5,24	-1,32	0,68
	$\hat{\beta}_1$ (ln <i>h</i> ln <i>d</i>)	2,36	1,45	2,67		2,06	1,45	2,67	
ln(BT)	$\hat{\beta}_0$	-3,33	-3,77	-2,35	0,96	-3,09	-3,79	-2,39	0,96
	$\hat{\beta}_1$ (ln <i>d</i>)	1,46	1,14	1,79		1,44	1,16	1,72	
	$\hat{\beta}_2$ (ln <i>h</i>)	1,29	0,86	1,55		1,25	0,99	1,51	

Puede verificarse que en el ajuste de biomasa de ramas el 41 % de las observaciones presentaron errores por debajo del 10 % cuando se aplicó el método SUR, en tanto que solo el 8 % de las observaciones presentaron errores de menos del 10 % cuando se ajustó por el método de CMO. En este último caso, el 58% de las observaciones presentaron errores de más del 20 %. También se vio un cambio en los valores de correlación entre los estimadores de las componentes de varianza, mientras las mismas se asumen cero cuando se estiman los parámetros con el método CMO. Para los estimadores SUR se encontró que la correlación entre la ordenada al origen de la biomasa de ramas y acículas fue del 17 %, y de un 5 % para la pendiente. La matriz de correlaciones entre los residuales de los modelos CMO de las distintas componentes fue:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.34 & 0.02 \\ & 1 & 0.01 \\ & & 1 \end{bmatrix}$$

De derecha a izquierda las columnas corresponden a biomasa de acículas, ramas y biomasa del fuste. La prueba estadística para determinar si $H_0: \sigma_{hojas-ramas}^2 = 0$ indicó correlación significativa entre biomasa de ramas y acículas, consecuentemente el método SUR provee estimadores más eficientes que los obtenidos por CMO. Esto se ve reflejado en un cambio de los valores estimados y en el comportamiento de los errores de estimación.

Comparando la relación entre los valores observados y ajustados por ambos métodos, para el caso de biomasa de ramas los predichos del modelo SUR adopta valores mayores a los del modelo CMO para toda la serie. Esta diferencia tiende a ser levemente mayor al *d*. (Figura 2). Estos valores fueron ajustados por coeficientes K para eliminar la asimetría en la distribución que se produce en el proceso de transformación inversa, cuyo valor para biomasa de ramas fue de 1,1.

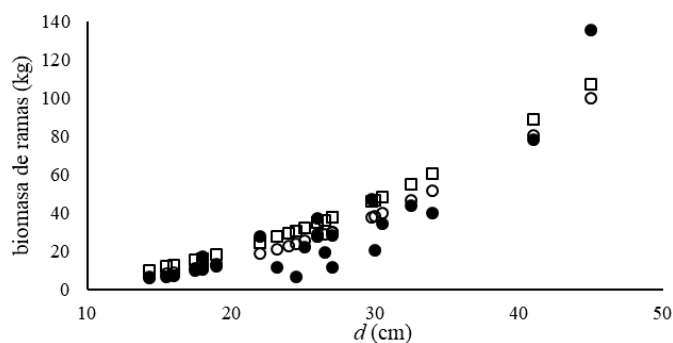


Figura 2. Valores observados (●), estimados CMO (○) y estimados SUR (□) de biomasa de ramas en función del diámetro a la altura de pecho (d).

El modelo de ajuste para biomasa del fuste que es la principal contribuyente a la biomasa total no mostró diferencias entre ambos métodos de estimación (Figura 3).

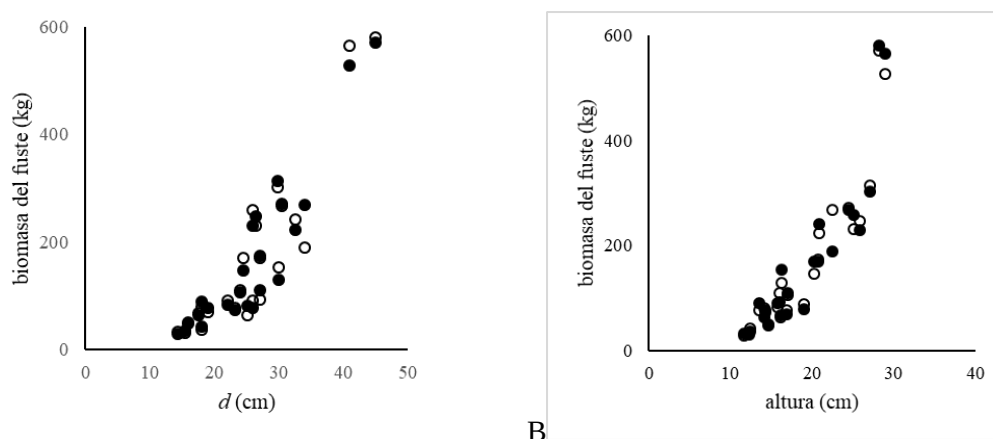


Figura 3. A.- Valores observados (○) y estimados (●) de biomasa del fuste en función del diámetro a la altura de pecho (d). B.- Valores observados (○) y estimados (●) de biomasa del fuste en función de la altura

La contribución de la biomasa del fuste aun a edades tempranas del rodal, fue mayor al 60 %, siendo del 82 % a los 15 años. La fracción de ramas parecería estabilizarse en 11 % a los 10 años, en tanto que la biomasa de acículas varió del 16 % en árboles de 7 años a 6 % en los de 15 años (Figura 4).

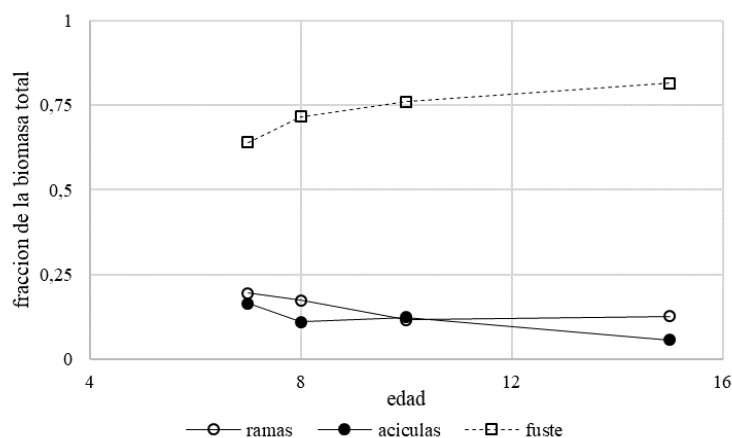


Figura 4. Evolución de las fracciones de biomasa área (acículas, ramas y fuste) a lo largo de las edades estudiadas en pino híbrido. Acículas (●), ramas (○) y fuste (□).

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se obtuvieron modelos aditivos de predicción de biomasa aérea de pinos híbridos útiles para estimar dichas componentes en función del d y la altura. Estos pueden ser utilizados como herramientas de cálculo siendo promisorias para la investigación sobre modelos y sistemas locales de simulación de crecimiento y producción. En concordancia con lo encontrado por Russell *et al.* (2009) para *Pinus taeda*, las estimaciones SUR mejoraron los resultados de las estimaciones CMO. En el presente trabajo se obtuvo una mejora en el caso de las ramas. Se verifica que todas las funciones obtenidas resultan ser biológicamente razonables, acorde a lo recomendado por Carvalho y Parresol (2003), respecto al mantenimiento de la independencia y aditividad de las componentes. Las estimaciones de los parámetros resultan más eficientes (Schneider *et al.*, 2008).

Schneider *et al.* (2008) trabajando con *Pinus banksiana* reportaron modelos aditivos considerando la proporcionalidad del área basal y el follaje en relación a la densidad del rodal. En el presente trabajo, las características de los rodales muestreados fueron de baja densidad, con árboles creciendo prácticamente sin competencia.

Las relaciones alométricas alcanzaron ajustes satisfactorios para biomasa del fuste, en cambio los modelos correspondientes biomasa de acículas y biomasa de ramas requiere que los resultados obtenidos deban ser utilizados con precaución debido a la variabilidad presente. Los valores de R^2 de las distintas componentes de biomasa son semejantes a los publicados por Sanquetta *et al.* (2000) en *Pinus taeda* y los coeficientes del modelo están dentro del rango, reflejando las diferencias genéticas y ambientales.

En concordancia con lo presentado por Fassola *et al.* (2012), el pino híbrido mejora la asignación de biomasa a fuste en detrimento de las ramas en relación al *Pinus taeda*.

Dado que la base de datos es reducida estos modelos son sólo factibles de emplear para cuantificar la biomasa aérea en forma preliminar en plantaciones híbridas (F_2) a nivel local. El incremento futuro del área de plantación, como el seguimiento y análisis destructivo de ensayos instalados, deberán subsanar las restricciones de estos modelos, permitiendo formular hipótesis acerca de la partición de biomasa. La adición de variables de caracterización del sitio, tales como densidad, índice de sitio, temperatura y humedad, podrían ser evaluadas para una formulación de ecuaciones a nivel regional.

Las estimaciones SUR resultan ser el mejor método para las predicciones de las fracciones de biomasa por la compatibilidad de las ecuaciones y la consistencia de sus coeficientes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo recibido de LIPSIA S.A. y Trumpp Hnos, por facilitar sus plantaciones e instalaciones para los estudios de biomasa realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegbidi H. G.; E. J. Jokela; N. B. Comerford; N. F. Barros. 2002. Biomass development for intensively managed loblolly pine plantations growing on Spodosols in the Southeastern USA. *Forest Ecology and Management* 167: 91-102.
- Arne Henningsen J.; D. Hamann. 2007. Systemfit: A Package for Estimating Systems of Simultaneous Equations in R. *Journal of Statistical Software* 23 Issue 4.
- Baskerville G. L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of forestry* 2:49-53.
- Borders B. E. 1989. Systems of equations in forest Stand Modelling. *Forest Science* 35(2): 548-556.
- Bravo F.; V. Lemay; K. Gadow; R. Von Jandl. 2008. Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change. *Springer*. ISBN: 978-1-4020-8342-6, 342 pages.
- Burkhart H. E. 2012. Modeling Forest Trees and Stands. *Springer* pp. XIV, 476 p.

- Cabrera A. L. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas, Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II*. ACME, Buenos Aires. 85 pp.
- Carvalho J.; B. R. Parresol. 2003. Additivity in tree biomass components of Pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) *Forest Ecology and Management* 179: 269–276.
- Crechi E.; F. Moscovich; R. Friedl; H. Fassola; J. Fahler. 2004. *Efectos de la intensidad del 1º raleo en Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis sobre el incremento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina*, Actas 11as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales - FCF, UNaM - EEA Montecarlo, INTA, Disponible en CD. 8p.
- Dieters M. J.; H. H. Thinh; P. T. Huong; H. D. Nhan. 2006. *Review of the Performance and Suitability of Pinus caribaea in Vietnam. Report prepared for CARD project 033/05VIE: Field evaluation and advanced vegetative mass-propagation technology for scaling up high-value plantations of Pinus caribaea and related hybrids in Vietnam*. (Project Output 1,1). p. 20.
- Fassola H. E.; E. H. Crechi; S. R. Barth; A. E. Keller; R. A. Winck; D. Videla. 2012. *Análisis de las diferencias de partición de biomasa aérea entre Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis (F2) y de Pinus taeda para el norte de Misiones, Argentina*, Disponible en CD: Actas 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA.
- Huiquan, B.; J. Turner; M. J. Lambert. 2004. Additive biomass equations for native eucalypt forest trees of temperate Australia. *Trees* 18: 467-479.
- INTA, 1972 - 1997. *Colección: Cartas de Suelos de la República Argentina*. Escala 1:50.000/100.000. Instituto de Suelos, CIRN, INTA, Buenos Aires.
- Köhl, Michael; Magnussen, S.; Marchetti, Marco 2006 Sampling methods, remote sensing and GIS: multiresource forest inventory. *Heidelberg: Springer*.
- Ligier, H.; Matteo, H.; Polo, H.; Rosso, J. 1990. *Atlas de Suelo de la República Argentina. Tomo II. Misiones*. SAGyP-INTA
- Mancini, F; G Sanesi; S. Lasserre. 1964. *Informe Edafológico*. Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos (C.A.R.T.A.)
- Meyer, H. A. 1941. Correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. Pennsylvania. *Forest School Research*. Paper 7.
- Nickles, D. G. 1991. *Increasing the value of future plantations in Argentina and southern Brazil using slash x caribbean pine hybrids developed in Queensland*, Jornada sobre *Pinus caribaea*: 93-102. El Dorado, Argentina. April 25-26.
- Nickles, D. G. 1992. *Hybrids of forest trees: The bases of hybrid superiority and a discussion of breeding methods*. I The use and importance of hybrid intensive forestry in South Africa. IUFRO Conference: Resolving Tropical Forest resource Concerns Through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species, Cartagena and Cali. Colombia. 333-347.
- Olinuck, J. 2012. *Informes Anuales de la Red de Pluviométrica de la provincia de Misiones*. Area Agrometeorología de la EEA INTA, Cerro Azul, Misiones.
- Papadakis, J. 1974. *Ecología, posibilidades Agropecuarias de las Provincias Argentinas*, Fascículo 3, Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Ed. ACME. 86 p.
- Parresol, B. R. 1999. Assessing tree and stand biomass a review with examples and critical comparison, *Forest Science* 45:573-593.
- Pinazo, M. A.; R. A. Martiarena; A. Von Wallis; E. Crechi; N. Pahr; O. Knebel. 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. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, Instituto Nacional de Tecnología Agrícola, Buenos Aires, Argentina 36(1): 5-20.

- Pinheiro J.; B. Douglas; S. DebRoy, D. Sarkar. 2011. R Development Core Team, nlme: *Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-102. [en línea]. Disponible en: <<http://cran.r-project.org/web/packages/nlme/>>.
- R Core Team. 2012. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0. [en línea]. Disponible en: <<http://www.R-project.org>>.
- Rodriguez, M. E.; A. Cardozo; M. Ruiz Díaz; D. E. Prado. 2005. Los Bosques Nativos Misioneros: estado actual de su conocimiento y perspectivas. En: Arturi M.F., Frangi J.L., Goya J.F. (eds.), *Ecología y Manejo de los Bosques de Argentina*. Cap. 2. La Plata: EDULP. p 3-33.
- Rose, C. E.; B. Thomas. 2001. Estimating parameters for tree basal area growth with a system of equations and seemingly unrelated regressions *Forest Ecology and Management* 148 (1-3): 51-61.
- Russell, M. B.; H. E. Burkhardt; R. L. Amateis. 2009. Biomass partitioning in a miniature-scale loblolly pine spacing trial. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(2): 320-329, 10.1139/X08-178.
- Sanquetta, C. R.; J. E. Arce; W. Pizzato, F. Gomes Dos Santos; E. Coutinho da Cruz. 2000 Evaluación y simulación precoces del crecimiento de rodales de *Pinus taeda* con procesos de difusión. [en línea]. *Quebracho* 8(1):5-16. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/q8_01-Sanquetta.pdf>
- Sanquetta, C.R.; A. Behling, A. P. Dalla Corte; S. Péllico Netto, A. B. Schikowski. 2015. Simultaneous estimation as alternative to independent modeling of tree biomass. *Annals of Forest Science* 72 (8): 1099- 1112.
- Schneider, R.; F. Berninger; Ch. Ung, P. Bernier; D. E. Swift; S.Y. Zhang. 2008. Calibrating jack pine allometric relationships with simultaneous regressions. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 2566–2578.
- Zellner, A. 1962. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation, *Journal of the American Statistical Association* 57 (298): 348-368.
- Zivot, E.; J. Wang. 2006. *Modeling Financial Time Series with S-PLUS*. Springer. New York. 2nd edition.



TRABAJO CIENTÍFICO

Efecto de tratamientos silvícolas en variables dasométricas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Sylvicultural treatments effects on forest variables of Pinus elliottii var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Torres, C. G.¹; F. J. Caniza¹; J. L. Aparicio¹ y R. A. Martiarena²

Recibido en abril de 2016; aceptado en marzo de 2017

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del raleo y la poda en el comportamiento temporal de variables dasométricas en plantaciones realizadas con F2 de pino híbrido (*Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*). El ensayo se estableció sobre una plantación de 55 meses de Pino Híbrido, con densidad inicial de 942 árboles.ha⁻¹, realizada sobre un suelo Psamacuente spódico. Las intensidades de raleo fueron 0 % (R1), 23 % (R2), 40 % (R3) y 64 % (R4) de la densidad inicial; y las intensidades de poda 40 % (P1), 50 % (P2) y 60 % (P3) de la altura del árbol. Mediante análisis de medidas repetidas se evaluó el diámetro cuadrático medio (d_g), área basal (G) y volumen total con corteza (V). Los efectos de las prácticas silviculturales (poda y raleo) resultaron independientes entre sí. El efecto del raleo fue significativo con diferencias que aumentaron temporalmente. Con altas intensidades de raleo los valores de d_g fueron mayores, mientras que los de G y V fueron menores. La intensidad de poda no afectó la producción y si lo hizo de forma inversa en el d_g , efecto que disminuyó con el tiempo. Los resultados demuestran que estas prácticas silviculturales pueden aplicarse independientemente a los niveles evaluados.

Palabras Claves: Prácticas silviculturales; Variables dasométricas.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the effect of thinning and pruning related to temporal behavior of dasometric variables in plantations originated from F2 hybrid pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii* × *Pinus caribaea* var. *hondurensis*). The test was established on a plot of 55 month F2 hybrid pine, with an initial density of 942 trees.ha⁻¹, performed on a Psamacuente spódico (entysol) soil type. The thinning intensities were: 0 % (R1), 23 % (R2), 40 % (R3) and 64 % (R4) from the initial density. Pruning intensities were: 40 % (P1), 50 % (P2) and 60 % (P3) of each tree height. Repeated measurement analysis was performed to evaluate the mean quadratic diameter (d_g), basal area (G) and total volume with bark (V) of each individual. The effects of the silvicultural practices (pruning and thinning) were independent to each other, although the effect of thinning was significant and showed differences increasing temporarily. High thinning intensities resulted in higher d_g though those of G and V were lower. The intensity of pruning did not affect production but it did affect d_g values inversely which decreased over time. The results demonstrate that silvicultural practices can be applied regardless the level evaluated.

Key words: Silvicultural practices; Dasometric variables.

¹ EEA - INTA Bella Vista, Corrientes. E-mail: torres.cesar@inta.gob.ar

² EEA – INTA Montecarlo, Misiones

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina la producción forestal proveniente de bosques cultivados realiza un importante aporte a las economías regionales, con una producción anual estimada en 9,3 millones de toneladas (Beale y Ortiz, 2013). Entre las siete regiones agroecológicas aptas para la forestación se destaca la Mesopotámica que concentra un 76,5 % de la superficie forestada del país (Beale y Ortiz, 2013). En la provincia de Corrientes la superficie forestada se estima en 474 mil hectáreas, de las cuales 346 mil corresponden a plantaciones de diferentes materiales comerciales de *Pinus sp.* (Elizondo, 2015). En dicha provincia la región de planicies y lomadas arenosas abarca una superficie aproximada de dos millones de hectáreas (Escobar *et al.*, 1996). A su vez, las planicies arenosas cuentan con suelos arenosos de baja fertilidad y drenaje deficiente, aptos para la realización de plantaciones forestales con destino maderable. En esta región es notable el avance de la superficie forestada con F2 de *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, conocido regionalmente como pino híbrido.

El pino híbrido es un material que se introduce en Argentina en la década de 1980 (Barrett *et al.*, 1991). Cappa *et al.* (2013) determinan que los materiales F1 y F2 de Pino Híbrido son superiores genéticamente en características deseadas, tales como productividad y rectitud de fuste, a los materiales comerciales de *P. elliotti* y *Pinus taeda*. Esta especie comienza a plantarse en Corrientes en la década del 90 con una tasa de 100 hectáreas por año (Pezzutti y Caldato, 2004). Desde entonces la tasa de estas forestaciones mostró una clara tendencia a incrementarse, actualmente las plantaciones de pino híbrido desplazan a las realizadas con *P. elliottii* en sitios bajos a intermedios. Así, al año 2008 la provincia contaba con 31 mil hectáreas forestadas con este material (Elizondo, 2009).

El desarrollo de la silvicultura en la Argentina se genera diferencialmente (Ferrere *et al.*, 2015). En regiones consideradas marginales hasta hace poco tiempo, como las planicies arenosas, y para materiales recientemente desarrollados como el pino híbrido, es escasa la información existente sobre la influencia de tratamientos silvícolas (técnicas de establecimiento, oportunidades e intensidades de raleo y poda) en el desarrollo de plantaciones. Esta información es sumamente necesaria en vista del avance hacia modelos de producción que incluyan la silvicultura de precisión (Pezzutti, 2014). La aplicación de prácticas silviculturales debe realizarse con el objetivo de incrementar la rentabilidad de las plantaciones forestales, aumentando la calidad y/o el volumen de la producción objetivo (Fassola *et al.*, 2002). La respuesta de las forestaciones a dichas prácticas silvícolas se encuentra determinada por un conjunto de variables, entre las que destacan: la densidad inicial, la edad a la que se realiza la intervención, la especie o material genético, la modalidad e intensidad del tratamiento y la calidad del sitio.

La modalidad de raleo determina las características del rodal remanente. En la Mesopotamia Argentina predomina el raleo por lo bajo, combinado con sistemático en el primer raleo y la extracción de árboles enfermos y defectuosos en todas las intervenciones que se realizan. Esta modalidad de raleo propicia el desarrollo de los árboles dominantes, los turnos de rotación se acortan y es posible lograr mejoras en la calidad de la producción (Fassola *et al.*, 2002; Martiarena *et al.*, 2011). A su vez, el volumen del rodal depende directamente de la densidad residual; por lo que elevadas intensidades de raleo determinan producciones significativamente menores (Zhang *et al.*, 1997). Por lo tanto, el raleo debe efectuarse con los parámetros adecuados para que los incrementos individuales compensen la disminución de la producción total. En pino híbrido, debido a las características estructurales de su copa más pequeña que las de otras especies (ej.: *P. taeda*), es posible que la aplicación de raleos con intensidades que dejen un determinado número de árboles por unidad de superficie produzcan resultados comparables a raleos de intensidades mayores aplicados en rodales de las mencionadas especies.

Mediante la poda se busca aumentar la producción de madera libre de defectos, la misma no afecta el desarrollo individual cuando se aplica con una intensidad que no afecte más del 30 % de la longitud de copa viva (Hawley y Smith, 1982; Daniels *et al.*, 1979). La reducción de la superficie fotosintetizante generada por la aplicación de podas puede determinar pérdidas

significativas, por lo que la misma debe aplicarse en las intensidades y frecuencias adecuadas. En el sentido opuesto a lo mencionado en el párrafo anterior, equivalentes intensidades de poda a las aplicadas en otras especies podrían establecer mayores pérdidas en pino híbrido a causa de su menor copa.

Los esquemas de manejo silvícola deben programarse de acuerdo a los efectos requeridos; combinando las oportunidades e intensidades de raleo y poda en los niveles que originan las respuestas deseadas. Para ello se requiere conocer el efecto de estas intervenciones en el comportamiento de las principales variables dasométricas. El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del raleo y la poda en el comportamiento temporal de variables dasométricas en plantaciones realizadas con F2 de pino híbrido. Se formula como hipótesis de trabajo que, en plantaciones de F2 del híbrido de *P. elliottii* var. *elliottii* × *P. caribaea* var. *hondurensis*, la aplicación de intensidades de poda superiores al 50 % de la altura del árbol disminuye el crecimiento en las variables dasométricas y aumenta la pérdida de producción generada por intensidades de raleo mayores al 40 % de la densidad inicial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se desarrolló en el predio “Los Pepes” de la empresa Enrique Zeni y Cía. SACIAFei, ubicado en el Paraje Malvinas del departamento Esquina, provincia de Corrientes, Argentina. La localización geográfica del mismo corresponde aproximadamente a 29° 41' 47" S y 59° 03' 53" O.

De acuerdo al sistema Köppen el clima del lugar se clasificó como mesotermal, cálido a templado sin estación seca (Cfa). La precipitación media anual es de 1310 mm, de distribución bimodal con máximos en otoño y primavera. La temperatura media anual corresponde a 19,6 °C, en tanto que la temperatura media del mes más cálido (Enero) es de 25,2 °C y de 14,6 °C la correspondiente al mes más frío (Junio). El período libre de heladas corresponde a 361 días.

El suelo donde se instaló el ensayo corresponde al orden Entisol y se clasificó como *Psamacuente típico* de la serie Pampín. La descripción morfológica señaló que presenta un horizonte ócrico arenoso-franco, seguido de un Eb albico arenoso que se sobrepone a un argílico franco-arcillo-arenoso de lenta permeabilidad (Escobar *et al.*, 1996). La permeabilidad del agua se dificulta por el abrupto cambio textural que produce una falsa napa de agua fluctuante cerca de la superficie. La misma determina la profundidad de enraizamiento efectiva aproximadamente entre 1,0 a 1,2 m.

Caracterización del Ensayo

La plantación se realizó con material correspondiente a la generación de F2 del híbrido de *P. elliottii* var. *elliottii* × *P. caribaea* var. *hondurensis*, cuya semilla fue importada de UBS Australia y los plantines producidos en el vivero de la empresa donde se instaló el ensayo. La preparación de terreno se efectuó en el mes de junio del año 2000 y consistió en la formación de camellones con posterior aplicación de herbicida pre-emergente (Metsulfuron) sobre la línea de plantación. Los camellones se realizaron para aumentar la superficie de enraizamiento y sus dimensiones correspondieron a 80 cm de ancho y 50 cm de alto; para su realización se utilizó un arado de discos excéntricos enfrentados. La colocación de las plantas en terreno se efectuó en marzo del año 2001 con una densidad de 1000 árboles por hectárea (4 x 2,5 m). No se aplicó fertilizante como complemento nutricional en ninguna de las etapas del ensayo. El porcentaje de fallas corroborado a los 12 meses fue de 5,8 %, lo que determinó que la plantación lograda se estableciera con densidad inicial de 942 árboles por hectárea.

A los 55 meses de edad de la plantación se instaló un ensayo con 4 intensidades de raleo y 3 de poda (noviembre de 2005). El diseño utilizado responde a un proceso de aleatorización secuencial mediante el cual se asignó aleatoriamente el factor raleo, parcela principal, dentro de bloques y los niveles del factor poda se aleatorizaron sobre las parcelas principales. Particularmente, la parcela principal se constituyó de 162 árboles (superficie de 1620 m²), en tanto que cada subparcela contuvo 54 árboles (540 m²). Tanto entre parcelas principales como en subparcelas se respetaron borduras perimetrales simples. El diseño resultante corresponde a parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la superficie total del ensayo alcanzó 2,6 ha.

Las intensidades de raleo aplicadas fueron de 0 % (R1), 23 % (R2), 40 % (R3) y 64 % (R4) de remoción de la densidad al momento de inicio del ensayo. Los porcentajes corresponden a la cantidad de árboles removidos respecto al tratamiento R1. Las densidades residuales obtenidas corresponden a 942, 725, 565 y 334 árboles.ha⁻¹ para las respectivas intensidades aplicadas (R1, R2, R3 y R4). La modalidad del raleo fue por lo bajo priorizando la eliminación de árboles oprimidos, dominados, intermedios, de forma tortuosa y/o enfermos. Al aumentar la severidad de la intervención (R3 y R4) se combinaron las modalidades por lo bajo y sistemático para conseguir distribuciones espaciales uniformes de los individuos remanentes.

Las intensidades de poda aplicadas se establecieron en función del porcentaje de extracción que se afecta en relación a la altura total del árbol. Para alcanzar la altura objetivo de 5,5 metros de fuste podado, cada nivel requirió de diferentes números de levantes aplicados semestralmente, a partir de los 48 meses. Los niveles del factor aplicado corresponden a 40 % (P1), 50 % (P2) y 60 % (P3) cuyos números de levantes fueron 3, 2 y 1, respectivamente.

Medición y Análisis de Datos

A partir de su instalación el ensayo se midió a los 13, 23, 31, 51, 71 y 82 meses. En cada oportunidad se midieron todos los individuos vivos de cada parcela, cuyas variables registradas fueron la circunferencia a la altura de pecho (*c*) y la altura total (*h*). A partir de los datos registrados, y luego de la transformación de las circunferencias en diámetro (*Dap*), se efectuaron los siguientes cálculos: diámetro cuadrático medio (*d_q*), área basal (*G*) y volumen total con corteza (*V*).

El conjunto de datos resultó del tipo longitudinal con observaciones irregularmente espaciadas y desbalanceado. Por lo que se modeló la correlación entre observaciones sucesivas, mediante la aplicación de modelos lineales mixtos para medidas repetidas (Littell *et al.*, 1996). El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkn} = \mu + r_i + p_j + \tau_n + (rp)_{ij} + (r\tau)_{in} + (p\tau)_{jn} + (rpt)_{ijn} + b_{kn} + \alpha_{kin} + \varepsilon_{ijkn}$$

Dónde:

Y_{ijkn}: variable observada repetida en *i*-ésimo nivel del factor raleo y *j*-ésimo nivel del factor poda, en el *k*-ésimo bloque al *n*-ésimo nivel del factor tiempo.

μ : media general de la variable observada.

r_i: efecto del *i*-ésimo nivel del factor raleo.

p_j: efecto del *j*-ésimo nivel del factor poda.

τ_n : efecto del tiempo al *n*-ésimo nivel.

(rp)_{ij}: interacción entre el *i*-ésimo nivel del factor raleo y *j*-ésimo nivel de poda.

(rτ)_{in}: interacción entre el *i*-ésimo nivel de raleo y el *n*-ésimo nivel del factor tiempo.

(pτ)_{jn}: interacción de los factores poda y tiempo a los respectivos *i*-ésimo y *n*-ésimo nivel.

(rpt)_{ijn}: interacción al *i*-ésimo nivel de raleo, *j*-ésimo nivel de poda y *n*-ésimo nivel de tiempo.

b_{kn}: efecto aleatorio del *k*-ésimo bloque en el tiempo *n*.

α_{kin} : efecto aleatorio asociado a la *i*-ésima parcela dentro del *k*-ésimo bloque al *n*-ésimo tiempo.

ε_{ijkn} : error aleatorio asociado a la observación proveniente del *i*-ésimo raleo, *j*-ésima poda, en el *k*-ésimo bloque y *n*-ésimo tiempo.

Para modelar la covarianza entre observaciones (σ_s) se utilizaron diferentes estructuras de matriz de varianza-covarianza. La selección de los modelos se realizó en función de los criterios de verosimilitud penalizada, utilizándose el criterio de información de Akaike (AIC) y el Bayesiano (BIC) (Di Rienzo *et al.*, 2012). Así, para d_g se utilizó la estructura auto-regresiva de primer orden con componentes de varianza homoscedásticos; mientras que para G y para V se aplicó el modelo no estructurado con heteroscedasticidad modelada con la función potencial. El procesamiento de datos se realizó mediante la función lme de la librería nlme (Pinheiro *et al.*, 2015) del software R (2015) por medio de la interfaz de InfoStat/E (Di Rienzo *et al.*, 2016); se utilizó el método de máxima verosimilitud restringida (MVR).

3. RESULTADOS

Análisis de los efectos (fijos) del modelo

En la Tabla 1 se denotan las pruebas de hipótesis secuenciales de las tres variables analizadas. Los efectos simples, raleo y poda, y sus interacciones con el tiempo determinan los resultados en el d_g . En tanto que en G el raleo y el tiempo tuvieron efectos significativos, no así la poda; para esta variable las interacciones del raleo y la poda con el tiempo denotan efectos significativos. Por su parte en el V el único de los factores individuales que presenta efectos de significancia fue el tiempo (t); la interacción del raleo x tiempo presenta efectos significativos, lo cual no ocurre en la interacción de este último con la poda.

En las tres variables analizadas se detecta que el efecto combinado de las prácticas silvícolas (Poda x Raleo) no es significativo, tampoco lo es la interacción triple de los factores analizados (Raleo x Poda x Tiempo). Así, el desempeño de d_g y G se evalúa en función del efecto combinado de los factores simples, raleo y poda, con el tiempo. En el caso del V solo se evalúa por la interacción de raleo y el tiempo.

Tabla 1. Prueba de significancia de los efectos fijos en el diámetro cuadrático medio (d_g), área basal (G) y volumen total con corteza (V) de *P. elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*

Factor	Gl	d_g		G		V	
		F	p	F	p	F	p
Raleo	3	20,69	0,0002	8,08	0,0064	2,32	0,1435
Poda	2	6,67	0,0016	2,10E-03	0,9979	0,21	0,8135
Tiempo	5	3763,18	<0,0001	706,45	<0,0001	539,08	<0,0001
Raleo x Tiempo	15	25,02	<0,0001	10,28	<0,0001	9,04	<0,0001
Poda x Tiempo	10	5,86	<0,0001	4,24	<0,0001	2,34	0,0126
Raleo x Poda	6	2,03	0,0629	0,99	0,4332	0,52	0,7908
RaleoxPodaxTiempo	30	0,59	0,9553	0,51	0,9852	0,77	0,8031

Referencias: Gl: grados de libertad; F: valor de la distribución F y, p: valor de probabilidad (95% de confiabilidad).

Efecto del Raleo

En la Tabla 2 se presentan las medias ajustadas de las tres variables para las cuatro intensidades de raleo aplicadas en función del tiempo; en la misma se denota el análisis de comparación de medias entre y dentro de grupos (raleo x tiempo).

Tabla 2. Medias ajustadas del diámetro cuadrático medio, área basal y del volumen total corteza de *P. elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis* en función de la interacción de la intensidad de raleo (R1, R2, R3 y R4) con el tiempo.

Variable	Meses	0% de Raleo (R1)	23 % de raleo (R2)	40% de raleo (R3)	64% de raleo (R4)
Diámetro cuadrático medio (cm)	13	15,4(± 0,4) M	16,0(± 0,4) LM	16,7(± 0,4) KL	16,9(± 0,4) KL
	23	16,6(± 0,4) KL	17,4(± 0,4) JK	18,3(± 0,4) IJ	18,7(± 0,4) I
	31	18,0(± 0,4) IJ	18,8(± 0,4) I	19,8(± 0,4) H	20,4(± 0,4) H
	51	20,5(± 0,4) H	21,6(± 0,4) G	23,0(± 0,4) EF	23,9(± 0,4) D
	71	22,4(± 0,4) FG	23,8(± 0,4) DE	25,4(± 0,4) C	27,1(± 0,4) B
	82	23,4(± 0,4) DE	25,0(± 0,4) C	26,7(± 0,4) B	28,6(± 0,4) A
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	13	17,5(±0,85) J	14,7(±0,8) LM	12,6(±0,8) MN	7,6(±0,7) P
	23	20,4(±0,91) HI	17,3(±0,9) JK	14,9(±0,8) L	9,3(±0,8) O
	31	23,9(±1,03) FG	20,2(±1,0) HI	17,4(±0,9) JK	11,0(±0,8) N
	51	30,9(±1,19) CD	26,5(±1,1) EF	23,3(±1,0) G	15,0(±0,9) KL
	71	36,8(±1,3) B	32,1(±1,2) C	28,5(±1,1) DE	19,2(±0,9) IJ
	82	40,1(±1,36) A	35,3(±1,3) B	31,5(±1,2) C	21,3(±1,0) GH
Volumen total con corteza (m ³ .ha ⁻¹)	13	77,6(±4,51) LM	67,3(±4,3) MN	59,1(±4,1) NO	35,2(±3,6) P
	23	105,7(±5,5) IJ	92,9(±5,1) JK	80,3(±4,7) KL	50,5(±4,0) O
	31	131,4(±6,69) H	115,1(±6,0) HI	99,0(±5,4) J	63,3(±4,3) N
	51	202,2(±9,41) DE	179,0(±8,4) EF	159,5(±7,6) FG	103,8(±5,6) IJ
	71	277,5(±11,11) BC	252,0(±10,2) C	222,1(±9,1) D	152,4(±6,7) G
	82	316,0(±13,07) A	292,0(±12,2) AB	255,0(±10,7) C	176,0(±7,8) F

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (P<0,05). Los valores entre paréntesis corresponden a los errores de estimación.

Los valores de d_g del tratamiento R2 se diferencian de los alcanzados por R1 a partir de los 51 meses posteriores a la aplicación de las intensidades de raleo. Esa diferencia se inicia en un 5,4 % y aumenta hasta ser de 6,8 % a los 82 meses, siempre a favor del tratamiento menos denso. El análisis del comportamiento de los tratamientos consecutivos (R3vsR2 y R4vsR3) denota diferencias relativas y tendencias similares a las descriptas para los tratamientos anteriores. Entre tratamientos que no son consecutivos la tendencia es equivalente a los anteriores y presenta un patrón acumulativo de las diferencias parciales (Figura 1A).

Mediante la Tabla 2 y Figura 1B, se puede observar que en cada fecha de medición el valor obtenido de G difiere de forma significativa para cada intensidad de raleo aplicada. La única excepción se da en el primer tiempo de evaluación (13 meses). Asimismo, se observa que la intensidad del raleo afecta de forma inversamente proporcional a G . Durante todo el período evaluado la mejor performance corresponde al del tratamiento R1, seguido consecutivamente por los tratamientos R2, R3 y R4.

Durante el período evaluado, el volumen generado en el tratamiento R1 no presenta diferencias estadísticamente significativas del que se obtiene en R2. Por otra parte, en R3 se observan valores significativamente menores que los de R2 a partir de los 71 meses y que los de R1 en todo el período de evaluación. Las diferencias encontradas (Tabla 2) tienden a incrementarse en el tiempo. La menor producción de volumen se obtiene en el tratamiento R4, con diferencias que aumentan de forma pronunciada desde la primera medición (Figura 1C).

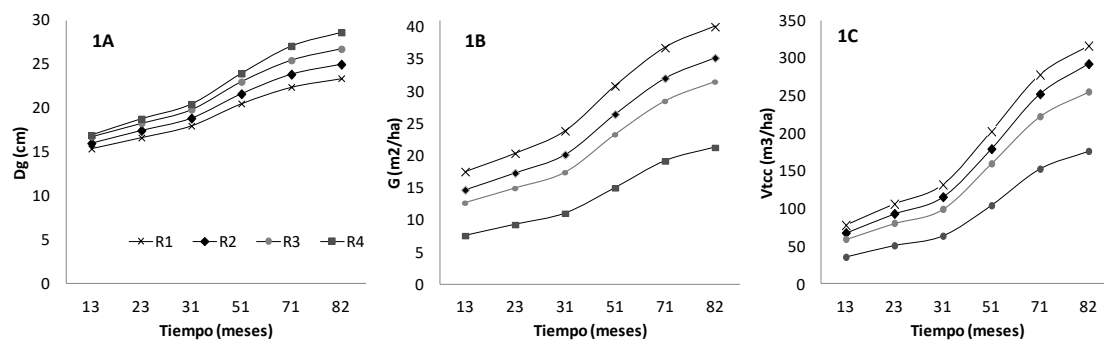


Figura 1. Perfiles longitudinales de las 4 intensidades de raleo evaluadas en *P. elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*. 1A) diámetro cuadrático medio (cm); 1B) área basal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) y, 1C) volumen total con corteza ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Efecto de la Poda

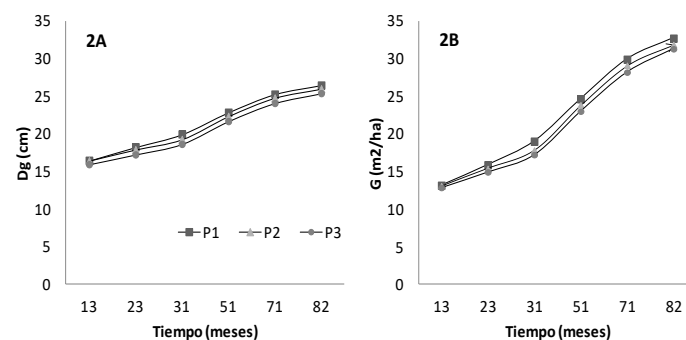
La Tabla 3 presenta los valores medios de las variables afectadas (d_g y G) por la aplicación de diferentes intensidades de poda en el tiempo. Se observa que la intensidad de esta práctica tiene un efecto inversamente proporcional en el d_g ($P3 < P2 < P1$), efecto que se mantiene en todo el perfil longitudinal evaluado (Figura 2A). Se aprecia que en los dos primeros tiempos de evaluación las medias ajustadas de P1 y P2 no difieren significativamente. En tanto que a los 31 meses el d_g del tratamiento P1 supera en un 3,6% al de P2; dicha diferencia se reduce hasta ser de 1,9 % a los 82 meses. Similar comportamiento se observa al compararse las intensidades de P1 y P3.

En la Figura 2B se aprecia la incidencia de la intensidad de la poda en el área basal del rodal. Esta práctica solo tiene efectos significativos a los 31 meses, cuando el tratamiento P1 supera a P3 en $1,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tabla 3).

Tabla 3. Medias ajustadas del diámetro cuadrático medio y del área basal de *P. elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis* en función de la interacción de la intensidad de poda (P1, P2 y P3) con el tiempo.

	Tiempo	P1	P2	P3
Diámetro cuadrático medio (cm)	13	16,4(±0,31) N	16,4(±0,31) N	15,9(±0,31) O
	23	18,2(±0,31) KL	17,8(±0,31) L	17,2(±0,31) M
	31	19,9(±0,31) I	19,2(±0,31) J	18,6(±0,31) K
	51	22,8(±0,31) F	22,3(±0,31) G	21,6(±0,31) H
	71	25,2(±0,31) C	24,7(±0,31) D	24,0(±0,31) E
	82	26,4(±0,31) A	25,9(±0,31) B	25,3(±0,31) C
Área Basal (m ² .ha ⁻¹)	13	13,2(±0,48) I	13,2(±0,48) I	12,9(±0,48) I
	23	15,9(±0,54) H	15,5(±0,53) H	15,0(±0,53) H
	31	19,1(±0,64) F	17,9(±0,62) FG	17,3(±0,61) G
	51	24,7(±0,77) E	23,9(±0,76) E	23,1(±0,74) E
	71	30,0(±0,87) BCD	29,2(±0,86) CD	28,3(±0,84) D
	82	32,8(±0,92) A	32,0(±0,91) AB	31,4(±0,9) ABC

Referencias: P1, P2 y P3 corresponden a las intensidades de poda de 40, 50 y 60%. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Los valores entre paréntesis corresponden a los errores de estimación.

**Figura 2.** Perfiles longitudinales de las 3 intensidades de poda evaluadas en *P. elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*. 1A) diámetro cuadrático medio (cm) y, 1B) área basal (m².ha⁻¹).

4. DISCUSIÓN

Las prácticas silvícolas aplicadas, poda y raleo, en el presente trabajo tuvieron efectos independientes entre sí. Como respuesta al control de la competencia mediante el raleo, el diámetro cuadrático medio de las plantaciones de Pino Híbrido se incrementa de acuerdo a la intensidad de la intervención. La diferencia relativa entre diferentes intensidades aumenta con el

tiempo, de acuerdo al rango de las densidades residuales generadas. El aumento del diámetro al aplicar raleos se explica en que la reducción de la densidad genera un aumento en la disponibilidad de los recursos (agua, nutrientes, luz y espacio), favoreciendo el desarrollo de los individuos remanentes (Ferrere *et al.*, 2015; Martiarena *et al.*, 2014; Martiarena *et al.*, 2011; Pezzutti, 2011; Smith *et al.*, 1997). Por otra parte, el incremento de dichas diferencias en el tiempo puede entenderse como el aumento relativo de la competencia por los recursos en las situaciones más densas respecto a las más raleadas.

El efecto positivo del raleo en el diámetro es reportado por otros autores en otras especies. Ferrere *et al.* (2015), Pezzutti (2011) y Crechi *et al.* (2005) encuentran diferencias significativas entre tratamientos con raleos más intensos en relación a tratamientos con raleos moderados o nulos, con densidades iniciales mayores al presente trabajo. En el presente trabajo, a los 82 meses el d_g de Pino Híbrido obtenido en R4 supera un 22% al del tratamiento sin raleo (R1). Con este mismo material Crechi *et al.* (2004), en un ensayo de raleo en la provincia de Misiones (calidad de sitio mayor y densidad inicial de 1736 árboles.ha⁻¹), obtienen 19,0 y 22,0 cm de Dap en las densidades residuales respectivas de 900 y 600 árboles.ha⁻¹, a los 24 meses del raleo (edad de 7 años). En el presente trabajo en las densidades residuales de 940 (R1) y 565 árboles.ha⁻¹ (R3), se obtuvieron los respectivos d_g de 17,9 y 19,8 cm a los 31 meses (7,2 años de edad), valores comparables a los obtenidos por los mencionados autores.

El área basal disminuyó proporcionalmente con la intensidad de raleo aplicada y las diferencias detectadas variaron con el tiempo de evaluación. Al comparar tratamientos de intensidades consecutivas hasta niveles moderados, R1 vs R2 o bien R2 vs R3, las diferencias fueron significativas y mostraron una tendencia estable. A su vez, el tratamiento con alta intensidad de raleo (R4) presentó valores inferiores al resto de los tratamientos, diferencia que relativamente se incrementó con el tiempo. De acuerdo a ello, el nivel de subocupación en R4 puede evaluarse como excesivo y se mantiene durante todo el período evaluado. Pezzutti (2011) observa subocupación del sitio en todo el turno de rotación de *P. taeda* a partir de densidades residuales iguales e inferiores a 416 árboles.ha⁻¹. Durante el período evaluado no se observa sobreocupación del sitio en ninguna de las densidades residuales generadas. En tanto, Pezzutti (2011) encuentra sobreocupación de sitio a partir de los 10 años en densidades de 1666 árboles.ha⁻¹, densidad con la que obtiene un área basal máxima de 56,3 m².ha⁻¹ a los 15 años. De acuerdo a lo enunciado la plantación evaluada no alcanzó la máxima capacidad de sitio, dado que el mayor valor de área basal obtenida corresponde a 40,1 m².ha⁻¹, a los 82 meses en el tratamiento R1. Por otra parte, los valores obtenidos por Crechi *et al.*, (2004) presentan diferencias leves debidas a la menor calidad de sitio del presente trabajo, pero congruentes con las densidades residuales alcanzadas. A los 7 años estos autores obtienen 29,0 y 20,0 m².ha⁻¹ en las densidades residuales de 900 y 600 árboles.ha⁻¹; en tanto que en el presente trabajo se obtuvieron 23,9 y 17,4 m².ha⁻¹ en los tratamientos R1 y R3 a los 7,2 años (31 meses de aplicado el tratamiento).

La menor ocupación del sitio (mayores intensidades de raleo), generó menores volúmenes. Se destaca que el volumen obtenido en el tratamiento de intensidad suave (R2) no resultó diferente del tratamiento sin raleo (R1), en todo el perfil temporal evaluado. Lo cual implica que dicho nivel de reducción de la densidad no genera un descenso significativo de la producción forestal y otorga mayores tamaños individuales. Pezzutti (2011) encontró resultados similares en *P. taeda* de 15 años de edad. Observó diferencias de producción entre las densidades residuales de 1666 y 800 árboles.ha⁻¹. Por otra parte, la reducción de la producción volumétrica en R4 en el presente trabajo es muy pronunciada en contraste con la ganancia en tamaño individual. En este caso, la reducción del 64 % de la densidad inicial implicó una producción menor del 44 % respecto al tratamiento sin raleo. Espinosa *et al.* (1994) y Ferrere *et al.* (2015), quienes trabajaron con *Pinus radiata*, señalan que al aplicar 75 % de intensidad de raleo sobre diferentes densidades iniciales se obtiene la mitad de la producción volumétrica total. Crechi *et al.* (2012), también aconsejan la utilización de raleos fuertes solo para objetivos de producción específicos.

La intensidad de poda afectó de forma inversa el desempeño del d_g y de G, obteniéndose el mejor resultado a la intensidad del 40 % de la altura del árbol. Este resultado coincide con el obtenido por Hoppe y Freddo (2003), quienes al estudiar el efecto de la intensidad de esta práctica

silvícola en *P. elliottii* concluyen que intensidades de poda superiores al 40 % determinan pérdidas en diámetro y volumen total. En tanto Neilsen y Pinkard (2003), señalan que al podar hasta un 45 % de la altura del árbol no se afecta el crecimiento en *P. radiata*. Los mismos autores señalan que se debe mantener una longitud de copa viva del 55 % para no comprometer el desarrollo individual. Mientras que Schoelzke (2003) aconseja no aplicar intensidades de poda que remuevan el 50% de la copa.

En el presente trabajo se pudo observar que el efecto negativo de la intensidad de poda tiende a reducirse con el tiempo. En el caso del área basal se anula a partir de los 51 meses y en d_g significa una reducción relativa de solo un 1,9 % (0,5 cm) entre las intensidades sucesivas a los 82 meses, permitiendo inferir que el efecto desaparecerá al final del turno. A su vez, mayores intensidades de poda implicaron menor cantidad de intervenciones posteriores, para lograr la altura de poda objetivo (5,5 m). A mayores intensidades se eliminan ramas de diámetros menores, lo que permitiría oclusiones pequeñas y mayor producción de madera clear.

5. CONCLUSIONES

Las plantaciones de pino híbrido (*P. elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*), establecidas en sitios con suelos arenosos hidromórficos de la provincia de Corrientes, se están convirtiendo en una alternativa productiva para el sector forestal.

Como resultado de elevadas intensidades de poda, iguales o superiores al 50 % de la altura del árbol, aplicadas en plantaciones de 55 meses de pino híbrido, se obtienen menores tamaños individuales. Este efecto se reduce con el tiempo, no incide en la producción total y es independiente de la intensidad de raleo aplicada. En cuanto al raleo, destaca que la intensidad del 64 % determina una disminución de la producción total que se acentúa en el tiempo; por ello su aplicación es poco recomendable.

Si bien se debe avanzar en el estudio de las prácticas silviculturales en pino híbrido para esta región del país, las respuestas diferenciales a las intensidades de poda y raleo obtenidas en el presente trabajo le permiten al gestor forestal adoptar esquemas de manejo en función de objetivos de producción y de análisis financiero.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Enrique Zeni y Cía. SACIAFei por permitir la instalación del ensayo y brindar los recursos necesarios para su seguimiento. A los colegas Mariano Hernández y Alberto M. Gochez por las consideraciones brindadas en el presente trabajo. A Ana M. Lupi, coordinadora del proyecto PNFOR-1104073, por las colaboraciones realizadas durante la redacción del presente trabajo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrett, W. H.; S. M. Danner y A. Henning. 1991. *Híbridos de P. elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* en cultivo en el norte de Corrientes. En Jornadas sobre *Pinus caribaea*, Actas, Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales. Eldorado, Misiones-Argentina. 25-26 de Abril. Eldorado, Misiones, pp. 107-111.
- Beale, I. y E. C. Ortiz. 2013. El Sector Forestal Argentino: Bosques Implantados. *Revista de Divulgación Técnica Agrícola y Agroindustrial - REDITA*, 41(1):1-6.
- Cappa, E. P.; M. Marcó; D. G. Nikles and I. S. Last. 2013. Performance of *Pinus elliottii*, *Pinus caribaea*, their F1, F2 and backcross hybrids and *Pinus taeda* to 10 years in the Mesopotamia region, Argentina. *New Forests*, 44(2):197-218.

- Crechi, E.; A. Keller, H. Fassola, J. Fahler y R. Maletti. 2012. *Efectos de la intensidad del raleo en Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis sobre el crecimiento y la producción en el NO de Misiones*. En 15^{as} Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones: 9p.
- Crechi, E.; F. A. Moscovich; R. Friedl; H. E. Fassola y J. Fahler. 2004. *Efectos de la intensidad del 1º raleo en Pinus elliottii var. elliottii x Pinus caribaea var. hondurensis sobre el incremento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina*. En 11^{as} Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 8p.
- Crechi, E.; H. E. Fassola y R. Fernández. 2005. Efectos del raleo en *Pinus taeda*. Noroeste de Misiones. *IDIA XXI. Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario* 5(8): 43-47.
- Daniels, P. W.; U. E. Helm y F. S. Baker. 1979. *Principles of Silviculture* 2a ed., Ed. McGraw-Hill Book Co. USA 456p.
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzáles, M. Tablada y C. Robledo. 2016. *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available at: <http://www.infostat.com.ar>.
- Di Rienzo, J. A.; R. E. Macciavelli y F. Casanoves. 2012. *Modelos Lineales Mixtos: aplicaciones en InfoStat* 2a ed., Córdoba, Argentina: Grupo Infostat.
- Elizondo, M. H. 2015. *Actualización del inventario de plantaciones forestales de la provincia de Corrientes*. Consejo Federal de Inversiones, Corrientes. 97p.
- Elizondo, M. 2009. *Primer inventario forestal de la Provincia de Corrientes. Metodología, trabajo de campo y resultados*. Consejo Federal de Inversiones, Provincia de Corrientes. 66p.
- Escobar, E. H.; H. D. Ligier; R. Melgar; H. Mattelo y O. Vallejos. 1996. *Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000*. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales E. E. A. INTA-Corrientes. 432p.
- Espinosa, M.; J. Garcia y O. Valeria. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. *Bosque* (Chile) 15(1):55-65.
- Fassola, H. E.; F. A. Moscovich; P. Ferere y F. Rodríguez. 2002. Evolución de las principales variables de árboles de *Pinus taeda* L. sometidos a diferentes tratamientos silviculturales en el nordeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Ciência Florestal, Santa Maria* 12(2):51-60.
- Ferrere, P., A. M. Lupi y T. Boca. 2015. Crecimiento del *Pinus radiata* sometido a diferentes tratamientos de raleo y poda en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Bosque* (Valdivia) 36(3):423-434.
- Hawley, R. C. & Smith, D. M., 1982. *Silvicultura Práctica* 2a ed. J. Terradas. Ed. Omega S.A. Barcelona, España. 5537p
- Hoppe, J. M. y Á. R. Freddo. 2003. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., no município de Piratini, RS. *Ciência Florestal* 13(2):.47-56.
- Littell, R. C.; G. Milliken; W. Stroup and R. Wolfinger. 1996. *SAS System for Linear Mixed Models*, Cary, NC: SAS Institute Inc. 633 p.
- Martiarena, R.; E. Crechi, M. Pinazo, A. Von Wallis, J. Marquina y S. Monteoliva. 2014. Efecto del raleo sobre el crecimiento y la densidad de la madera de *Pinus taeda* plantada en Misiones, Argentina. *Ciência Florestal, Santa Maria* 24(3): 655-663.
- Martiarena, R.; J. L. Frangi, M. A. Pinazo, A. Von Wallis and R. A. Fernández. 2011. Effect of Thinning and Harvest Type on Storage and Losses of Phosphorous in *Pinus taeda* L. Plantations in Subtropical Argentina. *International Journal of Forestry Research*, 2011:1-10. Disponible en: <<http://www.hindawi.com/journals/ijfr/2011/761532/>>.
- Neilsen, W. A. and E. A. Pinkard. 2003. Effects of green pruning on growth of *Pinus radiata*. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 2067-2073

- Pezzutti, R. V. 2014. *Silvicultura sitio específica, una herramienta para ajustar el manejo a la capacidad productiva del sitio*. XXVIII Jornadas Forestales De Entre Rios, (November), pp.1-12.
- Pezzutti, R. V & Caldato, S. L., 2004. Efecto del control de malezas en el crecimiento de plantaciones de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* var. *elliottii* y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Bosque* (Valdivia) 25(2):77-87.
- Pezzutti, R.V. 2011. *Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de Pinus taeda L. no nordeste argentino*. Doctoral dissertation, Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, Brasil.
- Pinheiro, J.; D. Bates, S. DebRoy, D. Sarkar and R Core Team. 2015. *nlme: Linear and Nolinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-125. Disponible en: <<http://cran.r-project.org/package=nlme>>.
- R Development Core Team, 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. (version 3.1.0). Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <[http:// www.R-project.org/](http://www.R-project.org/)> [Fecha de consulta: marzo 2015]
- Schoelzke, D. 2003. La poda en una plantación de *Pinus elliottii*. *Quebracho*, 10:26-38.
- Smith, D. M.; B. C. Larson, M. J. Kelty and P. M. Ashton. 1997. *The practice of silviculture: applied forest ecology*. 9.a ed. Wiley and Sons, New York, USA. 537p.
- Zhang, S. Y.; H.E. Burkhart and R. L. Amateis. 1997. The influence of thinning on tree height and diameter relationships in loblolly pine plantations. *Southern Journal of Applied Forestry*, 21(4): 199-205.



TRBAJO CIENTÍFICO

Cambio de cobertura y uso del suelo en la zona ribereña en cuencas subtropicales del noroeste argentino

Land use and cover change in the riparian zone of subtropical basins of northwest argentina

Díaz Gómez, A. R.^{1,2} y F. J. Gaspari²

Recibido en julio de 2016; aceptado en mayo de 2017

RESUMEN

Las zonas de ribera con abundante vegetación nativa son áreas de importancia ecológica que brindan protección al sistema hídrico-ambiental, actuando como trampas naturales (zona buffer) para retener sedimentos, nutrientes y contaminantes desde los suelos adyacentes a los cursos de agua. Las cuencas del Faldeo Oriental de las Sierras del Aconquija y Sudoeste (FOAS), cuya superficie es de 9.222 km², presentan alta productividad agrícola e importantes núcleos poblacionales. El avance de la frontera agrícola amenaza la integridad de la zona ribereña en las cuencas subtropicales. El objetivo de este trabajo fue analizar y cuantificar el cambio de cobertura y usos en la zona ribereña entre 1986-2010 en las cuencas subtropicales del FOAS. A partir del uso de técnicas de teledetección, Sistemas de información geográfica y control de campo. Para ello se realizó una clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat-5TM, el mapa de uso y cobertura del suelo presentó un índice kappa de 0,95 y una precisión total de 97 %. El sistema de drenaje se apoyó sobre una capa digital aportada por la dirección de recursos hídricos de la Provincia de Tucumán. Como resultado se encontró que en la zona de ribera de las cuencas altas, el bosque ocupa un 54 % de superficie permaneciendo constante en el periodo estudiado. Sin embargo, el bosque de ribera que en el año 1986 ocupaba 62 % del área, disminuyó un 18 % (241 km²), reemplazado por cultivos, en las cuencas bajas. La presencia de cultivos en la zona ribereña, manifiesta posibles consecuencias ambientales que presenta el sistema hídrico en la zona pedemontana y de llanura de las cuencas analizadas.

Palabras Claves: Deforestación; Bosque de ribera; Zona buffer.

ABSTRACT

The riparian zones with abundant native vegetation are ecologically important areas that provide protection to the water-environment system serving as natural traps (buffer zones) retaining sediments, nutrients and pollutants from soils along watercourses. The basin of the Western and South-west Aconquija foothills (FOAS) comprises about 9.222 km². Land uses include modern agriculture (sugar cane, citrus, horticulture, and blueberry) and urban populations. The advance of the agricultural frontier into the subtropical basins threatens the riparian zone integrity. The objective of this study was to analyze and quantify the land use and cover changes between 1986-2010 in the FOAS subtropical basins. Effective use of remote sensing techniques, geographic information systems, field control, and supervised classification of Landsat images 5TM was performed. In addition, the width of the buffer zone was reclassified according to the altitudinal gradient. Overall accuracy for the 2010 land use/cover map was 97 % and kappa index 0.95. As a result, it was found that in the upper riparian zone, the forest cover remained constant for the period. However, in the lower riparian zones, a clear pattern of deforestation was found: the riparian forest decreased 18 % (241 km²) and was replaced by crops in the lower zone. The presence of crops in the lower riparian zones suggests possible environmental consequences including the water resources system degradation in the foothills and the flatlands.

Key words: Deforestation; Riparian forest; Buffer zone.

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Becaria posdoctoral. Diagonal 113 N° 469. La Plata. Provincia de Buenos Aires. Argentina. E-mail: rominadiazgomez@gmail.com

² Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Diagonal 113 N° 469. La Plata. Provincia de Buenos Aires. Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

Los arroyos y ríos corresponden a uno de los tipos de ecosistemas más afectados por las actividades humanas (Master *et al.*, 1998; Naiman y Turner, 2000; Allan, 2004). Las zonas de ribera, corresponden a zonas de interfase entre el ecosistema acuático y terrestre. Las zonas ribereñas con abundante vegetación nativa han sido reconocidas como áreas de importancia ecológica, debido sus funciones ecosistémicas como el aporte de material orgánico al sistema (Cummins, 1974; Lemly y Hilderbrand, 2000), por ser estabilizadoras de los bancos de los ríos (Barling y Moore, 1994; Hood y Naiman, 2000), disminución en la retención de nutriente (Barden *et al.*, 2013). Además cumplen un rol importante en la conservación de la biodiversidad, al funcionar como zonas proveedoras de alimento para organismos acuáticos y moderadoras temperatura del agua (Naiman *et al.*, 1997), y como corredores para el movimiento de organismos (Naiman *et al.*, 1997).

La mayor relevancia está dada por la sustentabilidad de la calidad del agua, al actuar como trampas naturales (zona buffer) para retener sedimentos, nutrientes y otros contaminantes desde los suelos adyacentes a los cursos de agua (Gergel *et al.*, 2002; Baudry y Thenail, 2004). La calidad del agua y la estabilización de los cauces, dependen de la preservación de los bosques ribereños (Diebel *et al.*, 2009), por lo tanto cumplen un rol crítico en mitigar los impactos de la deforestación en los ríos tropicales (Lorion & Kennedy, 2009). Sin embargo, estas funciones están relacionadas tanto al ancho de la zona ribereña como a la estructura del paisaje y usos del suelo asociados ella.

Se reporta que los índices de calidad de bosque de ribera están asociados a las características geomorfológicas de los ríos y al impacto antropogénico adyacente (Mesa, 2010; Sirombra y Mesa, 2012). De este modo, las zonas ribereñas son consideradas como ecosistemas frágiles susceptibles a los impactos desde la cuenca y zonas agrícolas adyacentes (Tockner y Stanford, 2002).

En la región del NOA (Noroeste Argentino) se constató la presencia del proceso de deforestación en varios estudios a diferentes escalas. Grau *et al.* (2005), Gasparri *et al.* (2010) y Volante (2012), coinciden en que donde se destaca la pérdida de masa forestal debido a la agricultura, es en las zonas de llanura, y consecuente zona ribereña de los arroyos.

Las cuencas del Faldeo Oriental de las Sierras del Aconquija y Sierras del Sudoeste (FOAS) constituyen un área representativa de las cuencas hidrográficas subtropicales del NOA, particularmente para el Río Salí, Tucumán, Argentina. Presentan una elevada heterogeneidad ambiental - altitudinal, donde bosques subtropicales se desarrollan en las pendientes elevadas (zonas altas) y la producción agroindustrial se ubica en las zonas de baja pendiente (zonas bajas) avanzando hacia el pedemonte. Los estudios espaciales que revelen los patrones de cambio de usos y cobertura del suelo en las zonas ribereñas, a esta escala, son escasos.

El objetivo del trabajo fue evaluar la distribución espacial y cuantificar el cambio de cobertura y uso del suelo en la zona ribereña, en las cuencas subtropicales del FOAS, durante el período 1986-2010, considerando la heterogeneidad altitudinal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las cuencas FOAS alcanzan una superficie de 9.222 km² con importantes núcleos poblacionales (Figura 1). Entre los usos antrópicos del recurso hídrico se encuentran: riego agrícola, consumo industrial, domiciliario y rural, generación hidroeléctrica. Presentan cauces permanentes y algunos transitorios, de ancho variable y dependiendo del gradiente altitudinal, los

cauces de zonas altas presentan anchos entre 5 a 60 m y los cauces en las zonas de llanura con anchos entre 60 - 150 m.

Las cuencas FOAS presentan una elevada heterogeneidad ambiental - altitudinal, encontrando los bosques subtropicales en las pendientes elevadas (zonas altas, en las cabeceras de las cuencas) y la producción agroindustrial en las zonas de baja pendiente (zonas bajas) avanzando hacia el pedemonte (Figura 1). Los bosques de ribera están compuestos por especies típicas de la región biogeográfica de las yungas, entre ellas: *Solanum riparium*, *Phenax laevigatus*, *Tipuana tipu*, *Cestrum parqui*, *Carica quercifolia*, *Acacia macracantha*, *Celtis iguanaea*, *Juglans australis*, *Pisoniella arborescens*, *Baccharis salicifolia*, *Cinnamomum porphyrium* y *Eugenia uniflora*, y especies exóticas (*Ligustrum lucidum* *Morus Alba*, *Acacia macracantha* y *Gleditsia triacanthos*), y es común en la orilla del cauce, la presencia de la caña exótica *Arundo donax* (Sirombra y Mesa, 2010). Las cuencas FOAS, presentan un relieve montañoso de 5.300 msnm de altura máxima y 100 kilómetros de largo en sentido norte-sur, que actúa como barrera orográfica frente a los vientos cálidos y húmedos estivales provenientes del anticiclón del Atlántico (Fernández *et al.*, 2004).

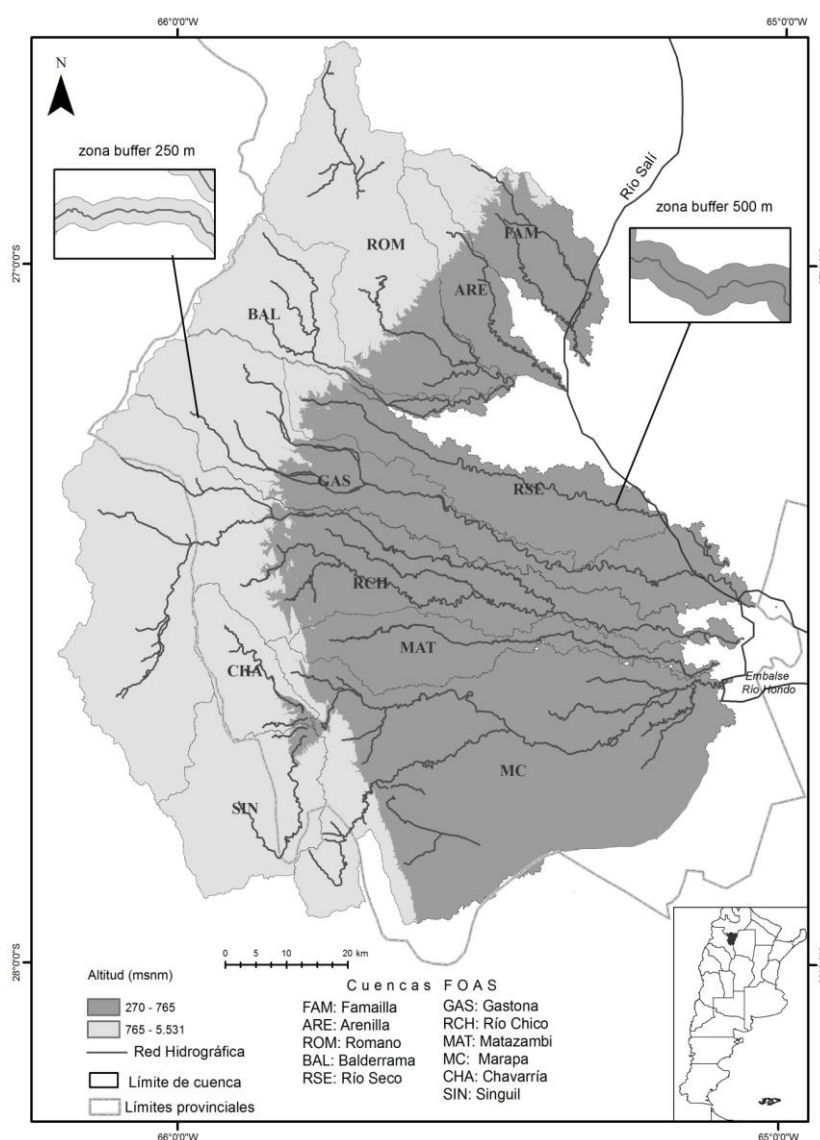


Figura 1. Área de estudio (FOAS), Provincia de Tucumán, Argentina. Zonas según gradiente altitudinal: alta/baja (tonos de gris claro/oscuro, respectivamente). Representación del área buffer de las zonas ribereñas de las cuencas FOAS, según zonas de altitud.

Las cuencas FOAS presentan un sector oriental cálido y seco con precipitaciones anuales entre 450-550 mm (Minetti, 1999), y un sector occidental templado y húmedo con precipitaciones de 2.000 mm anuales (Fernández *et al.*, 2004). El régimen de precipitación se caracteriza por un ciclo anual bien marcado, con mínimos en invierno (Minetti y González, 2006). La temperatura media registra valores entre 24-28,5 °C en verano y en invierno oscila entre 10-13 °C.

Análisis de la cobertura y uso del suelo

Para conocer los patrones de distribución geoespacial y temporal de los cambios de uso y cobertura del suelo se clasificaron imágenes satelitales Landsat 5 TM (Escenas Path 231/230 Row 78/79) de las fechas 23 de agosto de 1986 y 21 de agosto 2010, obtenidas del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Brasil (INPE) con sistemas de información geográfica (SIG), estableciendo el rango espacio temporal del estudio. Las fechas elegidas minimizaron las diferencias espectrales debido a los estados fenológicos de la vegetación y maximizaron diferencias espectrales entre clases. Previo a las clasificaciones, las imágenes fueron corregidas espacialmente y sometidas a correcciones radiométricas para mejorar la coherencia espacial y espectral de los datos entre todas las imágenes de la serie temporal utilizada. El preprocesamiento espacial consistió en reproyectar todas las escenas al sistema de coordenadas planas propuesto para Argentina (POSGAR 98) Zona 3 y luego corregir todas las imágenes tomando como referencia puntos de GPS de sitios conocidos e identificables en las imágenes. Se realizó la calibración radiométrica y la corrección atmosférica de las imágenes para obtener valores de reflectancia de superficie, utilizando el método Dark Object Subtraction (DOS) que permite mejorar la comparabilidad entre escenas de diferentes años (Vanonckelen *et al.*, 2013). Para la obtención de los mapas temáticos de uso y cobertura vegetal del suelo se utilizó el clasificador no paramétrico Support Vector Machine (SVM) (Chang y Lin 2011; Wu *et al.*, 2004) que se trata de un método preciso y muy utilizado en la clasificación de coberturas del suelo (Shao y Lunetta; 2012).

A partir de la clasificación supervisada svm, se identificaron cinco clases de uso y cobertura del suelo en las cuencas FOAS, caracterizadas como:

- Pastizal: pastizal de altura de gramíneas (Cabrera y Willink, 1973). Se distribuyen por encima de los 2.000 msnm, siendo las más abundantes *Festuca hieronymi*, *Deyeuxia rosea*, *Deyeuxia poligama*, *Paspalum lineispatha*, *Stipa tucumana*. También están presentes *Nototriche rugosa*, *Hypochoeris oligophylla*, *Oxyichloe andina*, los géneros *Alchemilla*, *Cyperus*, *Koeleria*, *Mimulus* (Bertonatti y Corcuera, 2000).
- Cultivos: comprende áreas con cultivos de cítricos y algunas especies hortícolas en la zona pedemontana; cultivos extensivos de caña de azúcar distribuidos en toda el área y en menor escala cultivos de tabaco y arándano (Pérez *et al.*, 2008).
- Granos: incluye los cultivos de soja, trigo y suelo arado/desnudo.
- Bosque: conformada por los pisos altitudinales de las yungas australes, dominados por el bosque montano, selva montana y selva pedemontana, con especies como el Cebil (*Piptademia macrocarpa*), Tipa (*Tipuana tipu*) y Pacará (*Enterolobium contortisiliquum*) (Brown *et al.*, 2002).

Bosque seco: incluye al bosque chaqueño, distribuido en la zona de llanura del área de estudio, caracterizado por especies xerófitas donde predominan el Quebracho Colorado Santiagueño (*Schinopsis quebracho colorado*) y el Quebracho Blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), arbustos, entre otros (Fernández *et al.*, 2004).

Delimitación de la zona ribereña

La delimitación de las cuencas hidrográficas y cursos fluviales en el FOAS fue definida a partir del modelo de elevación digital del sensor ASTER GDEM V2 (Advanced Spaceborne Thermal

Emission and Reflection Radiometer, 1 Global Digital Elevation Model Version 2, 2011), cuya resolución espacial es de 30 m, y con el apoyo de la aplicación del módulo HEC - Geo HMS®. Los cursos fluviales se ajustaron a partir de digitalización manual sobre la base del mapa de hidrografía superficial de la Provincia de Tucumán (Giraut *et al.*, 2003; Díaz Gómez, 2015). A partir del gradiente altitudinal se definieron las cuencas FOAS, y se clasificaron dos áreas de estudio: zona alta correspondiente a cotas entre 765-5.531 m snm, cota de divisoria de aguas, y zona baja ubicada entre 260-765 m snm, siendo esta última la cota de cierre de cuenca (Figura 1).

Para establecer un rango morfométrico del cauce, se considera un ancho mínimo de la zona ribereña, evaluando condiciones específicas, como ser: composición florística, geomorfología fluvial (ancho del cauce, pendiente del terreno), temporalidad y orden de los cursos de agua y uso del terreno adyacente (Gayoso y Gayoso, 2006). En las cuencas FOAS, se encuentra, según el régimen, ríos permanentes y de orden 1, de fácil visualización con imágenes Landsat (Díaz Gómez, 2015). Grau y Brown (1995) mencionan que el límite entre la selva montana y pedemontana es a los 700 msnm, a posterior altura se distribuye el bosque montano y los pastizales en las cuencas FOAS. Por lo tanto, se definió esta cota como límite para analizar las diferencias en las zonas ribereñas.

El tipo de canal aluvial predominante en las zonas bajas de las cuencas FOAS es meandriforme y con canales más anchos que profundos, mientras que en las zonas con mayor altitud, los canales son de tipo rectilíneo y más profundos que anchos (Busnelli y Horta, 2014). Debido a que el ancho de las zonas ribereñas es variable y responde a características hidrogeomorfológicas intrínsecas de los cauces, se definió un ancho de 500 m de área ribereña en las zonas bajas hacia ambos lados del cauce de manera que el análisis permita reflejar la distribución de la cobertura y usos. Al contrario, en las zonas altas con cauces rectos y menor divagación se definió un ancho menor de 250 m.

Se realizó un análisis de precisión del mapa temático de delimitación de las zonas ribereñas generado para el año 2010, construyendo una matriz de confusión, que consistió en presentar la correspondencia de la clasificación del mapa temático y los datos de muestreo de campo. Se consideró como error de clasificación a la discrepancia entre la situación mostrada en el mapa temático y la realidad de campo, obteniendo la precisión global del mapa y la precisión por clases del usuario y del productor (expresado en %). Se calculó el índice Kappa, como parámetro de calidad de la clasificación, utilizando la información contenida en la matriz de error, considerando las distribuciones marginales. Su valor expresa el porcentaje de acuerdo obtenido en la clasificación. Este coeficiente toma valores entre 0 y 1, representando el valor 1 el caso de total acuerdo (Foody, 2002). Se utilizó como verdad de campo, las imágenes Quick Bird de Google Earth® para la fecha 2012, que cubrían espacialmente el área de estudio. Se complementó con datos tomados a campo (42 puntos de control en zonas ribereñas para la clase de bosque seco). El número de puntos de verdad de campo se determinó a partir del tamaño mínimo de muestra con base a una población finita de manera proporcional según la extensión del área de cada clase y con distribución espacial aleatoria (François *et al.*, 2003),

El empleo de fotografías aéreas como verdad de campo fue insuficiente, debido a la inexistencia de fotografías aéreas para la fecha 1986 y fechas cercanas para el área de estudio, además que no fue posible el acceso a imágenes de alta resolución para esas fechas. Sin embargo, en coincidencia con lo mencionado por Izquierdo *et al.* (2008) y Guida-Johnson *et al.* (2013), al utilizar la misma metodología para el preprocesamiento y procesamiento de las imágenes Landsat y al ser el mismo sensor TM, se podría considerar el mismo grado de precisión de mapeo.

En el área de las cuencas bajas, donde se identificó el proceso de deforestación en el año 2010, se realizó un análisis detallado para establecer el patrón de cambio de la superficie boscosa remanente entre los años 1986 al 2010 en la zona ribereña. Se delimitaron cuatro áreas buffer desde el centro del cauce hasta ambos márgenes de 100 metros de ancho, considerando una distancia de 100, 200, 300, 400 y 500 metros.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mapa de cobertura y uso del suelo del área de estudio para el año 2010 presentó una precisión total del 97 % y el Índice Kappa con valor de 0,95 para todas las categorías utilizadas. Valores de precisión similares a los calculados por Paneque- Galvez *et al.* (2013), quienes comparan el método de clasificación support vector machine con otros métodos y determinan que es el mejor para este tipo de análisis, dando como resultados precisiones de mapeo superiores al 90 %.

La precisión del usuario, para la categoría bosque fue de 98,5 %, que representa la probabilidad que tiene un usuario del mapa de encontrar a campo un bosque y que el mismo se encuentre señalado en el mapa. La precisión del productor es del 96,5 %, indicando la probabilidad de que un área señalada en el mapa como bosque este correctamente identificada (Tabla 1). En relación al mapa de cobertura y uso del suelo para el año 1986 se definieron las mismas clases y por un procesamiento cartográfico de superposición se cuantificaron los cambios.

Tabla 1. Matriz de confusión (puntos de control) entre el mapa de cobertura y uso del suelo en la zona ribereña en 2010 e interpretación de imágenes de Google Earth© y puntos (42) a campo en la clase bosque seco.

	Bosque	Bosque seco	Cultivos	Pastizal	Total	Precisión Usuario (%)
Bosque	340	0	4	1	345	98,5
Bosque seco	3	73	9	0	85	91,2
Cultivos	6	1	502	1	510	98,4
Pastizal	3	0	3	129	135	95,5
Total	352	74	518	131	1075	
Precisión productor (%)	96,5	98,5	96,9	94,4		
Precisión total (%)			97			
Índice Kappa			0,95			

Los cambios de uso y cobertura del suelo en las zonas ribereñas de las cuencas subtropicales de FOAS, entre 1986 y 2010, presentaron magnitud y dirección diferente. En la zona ribereña de las cuencas bajas, en el área *buffer* de 500 m hacia ambos lados del cauce, con una superficie total de 1.249 km², prevaleció el proceso de deforestación del bosque seco, como principal cambio en el uso del suelo (Figura 2).

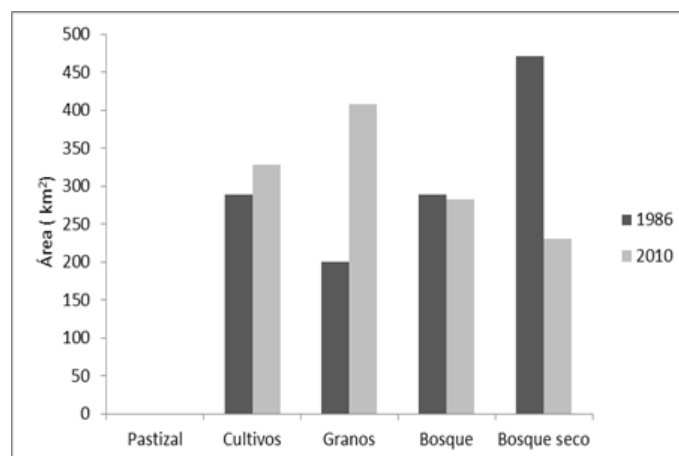


Figura 2. Superficie de ocupación de cobertura y usos del suelo durante el período 1986-2010, en la zona ribereña de las cuencas bajas, con un área *buffer* de 500 m.

El bosque seco pasó de ocupar el 38 % en 1986 en las cuencas FOAS, al 18 % en 2010, equivalente a 241 km², reemplazado por cultivos en el año 2010. La cobertura de pastizal no se encuentra presente en la zona baja de las cuencas. Estos cambios entre 1986 – 2010, se expresan en una matriz de transición en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz de transición de los usos y cobertura del suelo (en km²) de la zona ribereña en las cuencas bajas.

	2010			Total Clases
	Bosque	Bosque seco	Cultivos	
1986	Bosque	251	17	414
	Bosque seco	1	170	15
	Cultivos	33	280	55
	Total clases	285	467	484
	Cambio clases	34	297	70
	Diferencia	-2	-241	243

En las zonas ribereñas de las cuencas altas cuya área total es de 35 km², los cambios de uso del suelo y cobertura fueron de menor magnitud, representados en la Figura 3.

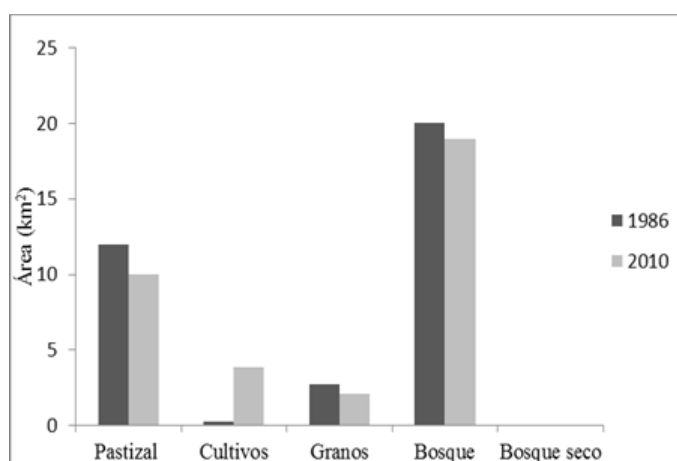


Figura 3. Superficie de ocupación de cobertura y usos del suelo durante el período 1986-2010, en la zona ribereña de las cuencas altas, con área *buffer* de 250 m.

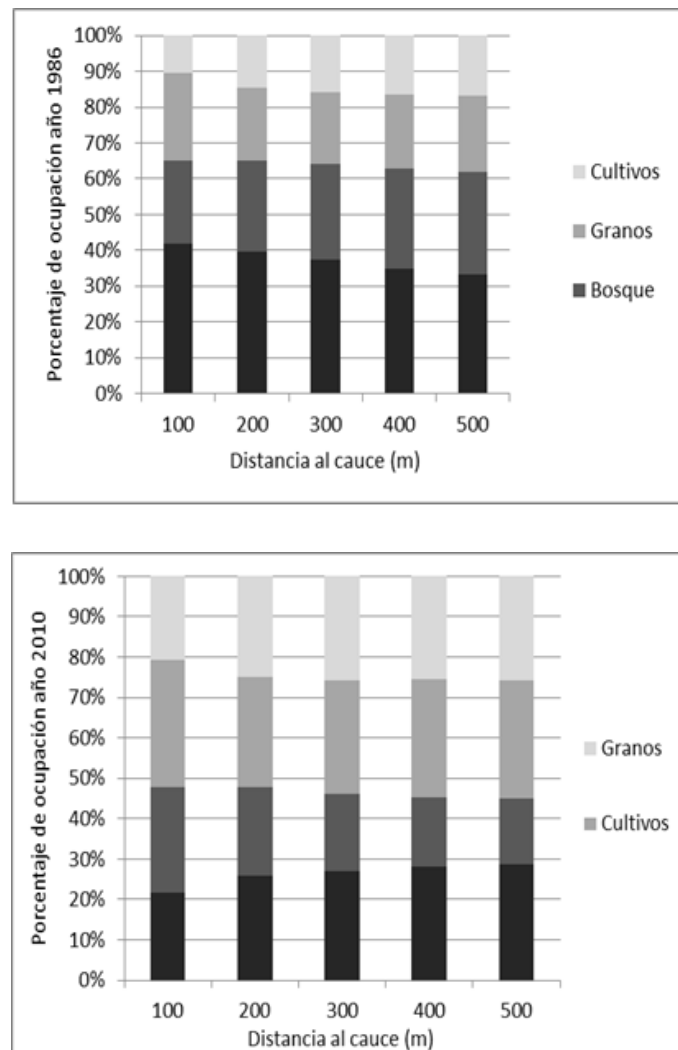
La superficie boscosa presentó cambios poco relevantes, siendo el pastizal la cobertura natural más modificada (Figura 3). La superficie de pastizal ocupaba el 34 % del área en el año 1986 disminuyendo al 28 % en el año 2010, correspondiente a 2 km². La superficie boscosa incrementó su ocupación en un 3 % (1 km²) reemplazando áreas con pastizal. La superficie de cultivos incrementó un 8 % sobre la cobertura de pastizal (Tabla 3).

La Figura 4 evidencia la pérdida gradual del bosque seco de ribera en todos los anchos del área *buffer*, en el período 1986 - 2010, el cual fue reemplazado por tierras destinadas a cultivos. El bosque seco ocupaba el 41% de la zona y el bosque 21 % en el año 1986 a los 100 metros de distancia desde el centro del cauce. En el ancho de los 100 metros de zona *buffer*, el uso del suelo para agricultura (clase cultivos y granos) ocupó un total de 51 % de superficie en la zona ribereña en el año 2010. La superficie de bosque seco era de 80 km² (25 %) decreciendo hasta ocupar 39 km² en la franja de los 500 m. Por el contrario, la superficie de la clase bosque ocupaba el 67 km² (21 %) de la zona riparia, con una superficie constante a distancia media del cauce. No presenta cambios de superficie superiores a los 3,5 km² entre las fechas analizadas.

Tabla 3. Matriz de transición de los usos y cobertura del suelo (en km²) de la zona ribereña en las cuencas altas.

	2010			Total clases
	Bosque	Cultivos	Pastizal	
1986				
Bosque	18	0	10	20
Cultivos	2	3	1	5
Pastizal	0	0	1	10
Total clases	19	3	12	0
Cambios clases	2	0	2	0
Diferencia	1	2	-2	0

Estos resultados permiten definir un patrón de distribución durante el periodo 1986-2010 de las áreas destinadas a agricultura, expresando que la clase cultivo es la que incrementó su superficie (76 km²) en las zonas más cercanas al cauce, e incrementó su distribución en un rango de 16-17 km² en franjas a mayor distancia del cauce.

**Figura 4.** Superficie de cambio de uso y cobertura en distintos anchos de la zona ribereña de las cuencas bajas entre 1986-2010.

Los patrones espaciales de distribución de usos y coberturas en la zona ribereñas analizadas, responden al proceso de deforestación que consistió en un proceso de agriculturización (avance de la agricultura), que fue verificado a diferentes escalas en la región del Noreste del país, por autores como Grau *et al.* (2005), Gasparri *et al.* (2010) y Volante *et al.* (2012). Sin embargo, este análisis a menor escala permitió visualizar además, el efecto del proceso de agriculturización en las zonas ribereñas.

Según el análisis de zonas *buffer*, la pérdida de superficie de bosque de ribera en la zona ribereña próxima al cauce, podría responder a que se trata de terrenos con mayor acceso al recurso hídrico, suelos con mayor porcentaje de materia orgánica y por lo tanto, más productivos y requeridos por la agricultura. Otro factor influyente es el acceso vial a los predios rurales, dado por los caminos que por lo general se distribuyen a la orilla de los cauces.

Por otro lado, en la zona ribereña de las cuencas altas, se observó que la superficie boscosa ha sido levemente modificada, situación que podría estar explicada debido a las elevadas pendientes y la menor rentabilidad de la explotación agrícola. Sin embargo, en estas zonas se destaca la presencia de ganado que afectaría la calidad del bosque ribereño.

Existe un marco legal de protección de los bosques en la región del NOA, en la provincia de Tucumán la Ley Provincial de Ordenamiento Territorial de Bosque Nativo (Ley N° 8.304) que propone un área de protección de márgenes, a partir de la línea máxima de creciente. Establecida en forma diferenciada para la cuenca alta, media y baja, se propone una zona de circulación de 7 m, zona de bosque de ribera bajo categoría rojo I de un ancho mínimo de 35 m y una zona de amortiguamiento bajo categoría II amarillo de un ancho mínimo de 15 metros. Sin embargo, este trabajo pone en evidencia que solo el 48 % de superficie de bosque ripario se distribuye en la zona ribereña. Estos resultados podrían servir como base de información espacial en la aplicación de planes de restauración o estrategias de conservación para el cumplimiento de la ley.

La ausencia de bosque de ribera en las áreas cercanas a los cauces, presenta importantes consecuencias ambientales en el sistema fluvial de los ríos, posibles fallas en el control natural del cauce y reducción de desbordes (Naiman y Turner, 2000; Dixon y Sear, 2012). Durante eventos de inundación en las cuencas del Río Gastona (2009 y 2015) y Río Marapa (2015) se observó que las zonas de desbordes coincidían espacialmente con áreas con ausencia de bosque de ribera y presencia de cultivo de caña de azúcar, en zonas adyacentes a la llanura de inundación.

La importancia de la presencia del bosque de ribera para la biodiversidad fue demostrada en un estudio realizado por Morales *et al.* (2015), en bosques de ribera de Jujuy, donde encontró que la riqueza y diversidad de los ensambles de aves en bosques riparios comparadas con los de la Selva Pedemontana no difieren, destacando la importancia en la conservación del bosque de ribera para complementar la biodiversidad regional. Por ello, es necesario este tipo de investigación para cuantificar la biodiversidad de bosque de ribera a escala regional.

Evaluaciones de la calidad del bosque de ribera en cuanto a composición florística a partir de la aplicación de índices de calidad demostraron la presencia de especies exóticas en corredores riparios en cuencas de Tucumán (Sirombra y Mesa, 2012), lo cual revela la importancia de realizar estudios a escala local. En este estudio no es posible identificar la presencia de especies exóticas, aunque es factible identificar zonas cercanas al cauce con ausencia de bosque de ribera prioritarias para restauración.

4. CONCLUSIONES

La clasificación de las imágenes satelitales permitió cuantificar el cambio de uso y cobertura del suelo en la zona ribereña en las cuencas subtropicales del FOAS, durante el período 1986-2010. La distribución espacial del proceso de deforestación, como principal cambio observado, se refleja al considerar la heterogeneidad altitudinal.

El análisis espacial con zonas *buffer* serviría como base para estudios posteriores a escala local y/o a nivel de cuencas hidrográficas, constituyendo una herramienta útil para el monitoreo del bosque ripario en zonas ribereñas y la detección de zonas de protección, conservación y/o restauración.

Los resultados alcanzados en este estudio sugieren la complementación con estudios que diagnostiquen la calidad de los bosques remanentes, considerando la biodiversidad y estructura de los mismos, para analizar el impacto de la pérdida de bosque de ribera, en casos concretos, a escala local. Es necesario recomendar, que el análisis espacial a escala local, se realice con imágenes satelitales o metodologías de mayor resolución espacial.

Es importante resaltar que la metodología aplicada permitió definir y analizar los patrones de distribución del bosque de ribera en las cuencas FOAS, considerando las áreas adyacentes. Sin embargo, se sugiere que en estudios posteriores, realizar un análisis de estructura del paisaje y un análisis de distribución de parches de bosque de ribera en el área de estudio.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J. D. 2004. Landscapes and riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. *Ann Rev Ecol Syst* 35:257-84.
- Barden, C. J.; K. R. Mankin; D. Ngandu; W. Geyer; D.L. Devlin. 2013. Assessing the effectiveness of various riparian buffer vegetation types. *Kansas Agricultural Experiment Station contribution*; No. 03-305-S.
- Barling, R. D. and I. D. Moore. 1994. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental Management* 18: 543-558.
- Baudry, J. C. and C. Thenail. 2004. Interaction between farming systems, riparian zones and landscape patterns: a case study in western France. *Landscape and urban planning* 67: 121-129.
- Bertonatti, C. y J. Corcuera. 2000. *Situación Ambiental Argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires. 440 pp.
- Brown, A.; A. Grau; T. Lomáscolo y N. I. Gaspari. 2002. Una estrategia de conservación para las selvas subtropicales de montaña (yungas) de Argentina. *Ecotropicos*, 15(2), 147-159.
- Busnelli, J. y L. R. Horta. 2014. Morfometría de cuencas Montanas y Metamorfosis fluvial, Tucumán. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71(1), 11-20.
- Cabrera, A. L. y A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Secretaría General de la O.E.A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. *Serie de Biología. Monografía* N° 13.
- Chang, C. C. and C. J. Lin. 2011. LIBSVM: a library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)* 2(3), 27.
- Cummins, K. W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. *BioScience* 24: 631-641.
- Díaz Gómez, A. R. 2015. *Análisis de la vulnerabilidad a cambios climáticos y de uso del territorio de las cuencas hidrológicas del faldeo oriental de la Sierra del Aconquija y del Sudoeste*. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Tesis Inédita. 231 p.

- Diebel, M. W.; J. T. Maxted; D. M. Robertson; S. Han and M. J. Vander Zanden. 2009. Landscape planning for agricultural nonpoint source pollution reduction III: assessing phosphorus and sediment reduction potential. *Environmental Management* 43(1): 69-83.
- Dixon, S. and D. Sear. 2012. The effect of riparian forest management on flood risk and flood hydrology. *Geophysical Research Abstracts* Vol.14, EGU2012-11151-1.
- Fernández, D. S.; A. M. Lutz; M. G. García; M. Del V. Hidalgo; M. Sirombra. 2004. *Carta de Líneas de Base Ambiental 2766-IV Concepción. Provincias de Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero*. SEGEMAR. 149 p.
- Foody, G. M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of the Environment* 80:185-201.
- François Mas, J.; J. Reyes Díaz-Gallegos, y A. Pérez Vega. 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Investigaciones geográficas*, (51): 53-72.
- Gasparri, N. I.; M. G. Parmuch; J. Bono; H. Karszenbaum and C. L. Montenegro. 2010. Assessing multi-temporal Landsat 7 ETM+ images for estimating above-ground biomass in subtropical dry forests of Argentina. *Journal of Arid Environments* 74(10): 1262-1270.
- Gayoso, J. y S. Gayoso. 2006. Recomendaciones para el diseño de franjas ribereñas. *Policy Brief. Epicforce Chile. Boletín N° 1*. Programa Producción Forestal y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.
- Gergel, S. E.; M. G. Turner; J. R. Miller; J. M. Melack and E. H. Stanley. 2002. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Sciences* 64: 118-128.
- Giraut, M. A.; Valladares, A. I.; A. Ruiz; C. A., Rey; V. Dente, y S. Ludueña. 2003. *Cartografía hídrica superficial de la provincia de Tucumán*. [Fecha de consulta: 3 de enero 2017], 12p. Disponible en: <<http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos /congresoAgua07b.pdf>>
- Grau, H. R. and A. D. Brown. 1995. Patterns of tree species diversity in latitudinal, altitudinal and successional gradients in the argentinian subtropical montane forests. In Churchil *et al.* (eds.): *Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forests*. TheNew York Botanical Garden. 295-300.
- Grau, H. R; M. T. Aide y N. I. Gasparri. 2005. Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34(3): 265-266.
- Guida-Johnson, B., and G. A. Zuleta. 2013. Land-use land-cover change and ecosystem loss in the Espinal ecoregion, Argentina. *Agriculture, ecosystems & environment*, 181: 31-40.
- Hood, W. G. y R. J. Naiman. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. *Plant Ecology* 148: 105-114.
- Izquierdo, A. E., Angelo, C. D. D. and T. M. Aide, 2008. Thirty years of human demography and land-use change in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina: an evaluation of the forest transition model. *Ecology Society*. 13(3).
- Lemly, A. D. and R. H Hilderbrand. 2000. Influence of large woody on stream insect community and benthic detritus. *Hydrobiologia* 421:179-185.
- Ley N° 8.304. *Ley provincial de ordenamiento territorial de bosque Nativo*. Tucumán.
- Lorion, C. M. and B. P. Kennedy. 2009. Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. *Freshwater biology* 54(1), 165-180.
- Master, L. L.; S. R. Flack and B. A. Stein. 1998. *Rivers of life: critical watersheds for protecting freshwater biodiversity*. The Nature Conservancy. 77 pp Arlington, Virginia.
- Mesa, L. M. 2010. Effect of spates and land use on macroinvertebrate community in Neotropical Andean streams. *Hidrobiología* 641(1): 85-95.
- Minetti, J. I. 1999. *Atlas climático del noroeste argentino*. Laboratorio Climatológico Sudamericano. Universidad Nacional de Tucumán. Pp. 86. Tucumán.

- Minetti, J. I. y J. A. González. 2006. *El Cambio Climático en la provincia de Tucumán, Sus impactos. Serie de Conservación de la Naturaleza N° 17*. Pp. 30. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.
- Morales, A. M; Rivera L. O. Gómez D. y N. Politi. 2015. *Ensamblajes de aves de sotobosque de la Selva Pedemontana y de los bosques de ribera de las Yungas Australes de la provincia de Jujuy*. XVI Reunión Argentina de Ornitología.
- Naiman, R. J. and M. G Turner. 2000. A future perspective on North America's freshwater ecosystems. *Ecol Appl* 10:958-70.
- Naiman, R. J.; H. Décamps and M. Pollock. 1997. The Role of Riparian Corridors in maintaining. Regional Biodiversity. *Ecol. Appl.* 3: 209-212.
- Shao, Y. and R. S. Lunetta. 2012. Comparison of Support Vector Machine, Neural Network, and CART Algorithms for the Land-Cover Classification Using Limited Training Data Points. *ISPRS: Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 70: 78-87.
- Sirombra, M. G. y L. M. Mesa. 2010. Composición florística y distribución de los bosques ribereños subtropicales andinos del Río Lules, Tucumán, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 499-510.
- Sirombra, M. G. and L. M. Mesa. 2012. A method for assessing the ecological quality of riparian forests in subtropical Andean streams: QBRy index. *Ecological Indicators* 20, 324-331.
- Tockner, K., and J. A. Stanford. 2002. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental conservation* 29(03), 308-330.
- Paneque-Gálvez, J.; J. F Mas, G. Moré; J. Cristóbal; M. Orta-Martínez; A. C Luz and V. Reyes-García 2013. Enhanced land use/cover classification of heterogeneous tropical landscapes using support vector machines and textural homogeneity. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 23, 372-383.
- Pérez, D.; G. Rodríguez; V. Paredes y A. Berettoni. 2008. *Reporte Agroindustrial. El Arándano en Tucumán Superficie Implantada, Rendimientos, Producción, Precios y Gastos De Producción*. EEAOC, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Año IV. Boletín, (25).
- Vanonckelen, S.; S. Lhermitte; A. Van Rompaey. 2013. The effect of atmospheric and topographic correction methods on land cover classification accuracy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* v. 24]: 9-21.
- Volante, J. N.; D Alcaraz-Segura; M. Mosciaro; E. F. Viglizzo and J. M. Paruelo. 2012. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems y Environment* 154, 12-22.
- Wu, T. F.; C. J. Lin and R. C. Weng. 2004. Probability estimates for multi-class classification by pairwise coupling. *Journal of Machine Learning Research* 5: 975-1005.



TRABAJO CIENTÍFICO

Germinación de *Drimys granadensis* L.f. (Winteraceae) en condiciones de invernadero y laboratorio *in vitro*

Germinating drimys granadensis L.f. (winteraceae) in greenhouse and in vitro laboratory conditions

Castañeda-Garzón S. L.¹ y B. A. Pérez-Martínez¹

Recibido en septiembre de 2016; aceptado en octubre de 2017

RESUMEN

La necesidad de fortalecer los procesos de conservación *ex situ* de especies nativas medicinales, ha generado el desarrollo continuo de estudios para la identificación de los protocolos de reproducción vegetal. Recientemente, la especie *Drimys granadensis* L.f. (canelo de páramo), fue incluida en los estudios de propagación sexual, para evaluar la germinación ante el uso de tratamientos pregerminativos. El proceso se desarrolló a través de la identificación y selección de fuentes semilleras candidatas, la recolección y acondicionamiento de material vegetal, el establecimiento, seguimiento y evaluación de los ensayos de germinación. La máxima tasa de germinación en invernadero (63,50 %) se obtuvo al estratificar las semillas en frío a 4 °C (arena de río e hidratación) y sembrar en sustrato de tierra negra-lombricompost (50 %-50 %) bajo un porcentaje de sombra del 30 %. El uso de giberelina A₃ en concentraciones de 1000 y 2000 ppm, es igualmente favorable, al sembrar directamente en turba y/o arena de río (100 %). Por métodos *in vitro*, el mayor nivel de desinfección se obtuvo con hipoclorito de sodio al 5,25 % con inmersión del explante durante 5 minutos y la germinación se ve influenciada por la remoción de la testa y la siembra en un medio de cultivo sin fitoreguladores ni suplementos orgánicos.

Palabras Clave: Bosque altoandino; Colombia; Especie nativa; Medio de cultivo; Propagación sexual.

ABSTRACT

The need for strengthening *ex situ* native medicinal species conservation processes has led to the continued development of studies for the identification of plant breeding protocols. Recently, the *Drimys granadensis* L.f. (canelo de páramo) species was included in sexual propagation studies, to evaluate its germination when using pregerminative treatments. The process developed by identifying and selecting the candidates for seed sources, the collection and preparation of plant material, its establishment, monitoring and evaluation of the germination tests. The maximum germination rate in greenhouse (63.50 %) was obtained by stratifying the seeds at 4 °C (river sand and hydration) and seeding in black vermicompost (50-50 %) soil substrate under a shade percentage of 30 %. Applying gibberellin A₃ at concentrations of 1000 ppm and 2000 ppm, is equally favorable when sown directly in peat and/or river sand (100 %). For *in vitro* germination, the highest level of disinfection was obtained using sodium hypochloride at 5.25 % with explant immersion for 5 minutes and germination is influenced by the removal of the seed coat and planting in a culture medium with neither growth regulators nor organic supplements.

Keywords: Colombia; High Andean forest; Culture medium; Native species; Sexual propagation.

¹ Jardín Botánico de Bogotá. Av. Calle 63 N° 68-95 Bogotá, D.C. Colombia. E-mail: slcastanedabb.gov.co

1. INTRODUCCIÓN

Según el DAMA (2004), “en el Distrito Capital, el Bosque Altoandino se encuentra en el rango altitudinal de 2.800 a 3.000 m s. n. m., se caracteriza por la disminución de altura de los árboles y se diferencia del bosque andino porque tiene un estrato arbóreo y una mayor cobertura de los estratos arbustivos y herbáceas. Allí es posible encontrar bosques altos y bajos”. El encenillal típico (vegetación característica de este tipo de bosque), es una consociación de encenillos (*Weinmannia tomentosa*) con gague (*Clusia* sp.), cucharo (*Myrsine* sp.) y chusque (*Chusquea* sp.) como principales subdominantes. Entre algunas de las coberturas presentes, se encuentra el “bosque de laderas altas de encenillo (*W. tomentosa*) y canelo (*Drimys granadensis*) entre los 3.200 y 3.400 m, localizado típicamente en Monserrate, San Francisco y Santa Fe” (DAMA, 2000).

En Colombia la deforestación es el principal disturbio antrópico que afecta a todos los ecosistemas terrestres y algunos costeros. Ante esta situación, el manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica toma fuerza cada día, como solución para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad (Vargas, 2011). En la región andina la práctica agropecuaria ha ascendido a los pisos alto andino y de páramo, y ha originado nuevos frentes de colonización y alterado así, los ecosistemas de las laderas cordilleranas (FAO, 2002). Para abordar en cierta medida la problemática mencionada, el programa de investigación en Manejo de especies vegetales de la Región Capital, liderado por la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB), dentro de las estrategias de conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos, contempla el desarrollo de estudios en propagación (sexual e *in vitro*). Esta línea de investigación, fundamenta las actividades del Sistema Integrado de Propagación (SIP) y el desarrollo del proyecto Biodiversidad andina al plato de todos, financiado por Colciencias.

Drimys granadensis, conocida como canelo de páramo, es una especie nativa que se encuentra en la región biogeográfica de los Andes, se distribuye desde el centro de México hasta el norte de Perú y su estado de conservación no ha sido evaluado aún. En Colombia se encuentra en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cundinamarca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander (Bernal *et al.*, 2015). Crece en formaciones vegetales de bosque montano bajo (b-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) - Cantillo *et al.* (2007). Según Finegan (1993) y Cantillo *et al.* (2007), esta es una especie heliófita durable que requiere de sombra en sus primeras etapas de desarrollo. Todas las partes de la planta son aromáticas y de sabor picante (Bartholomäus *et al.*, 1998), se reproduce por semillas y estacas (Cantillo *et al.*, 2007), tiene diversos usos alimenticios, industriales, medicinales, ornamentales (CAR, 2012) y sus aceites esenciales poseen metabolitos activos que son usados como sustancias insecticidas (Ciccio, 1997).

Las semillas de *D. granadensis* L. f. se desarrollan al interior de frutos simples, secos, indehiscentes en forma de cápsula. Su color es verde cuando se encuentra en óptimo estado (etapa de fructificación) y café-verdoso cuando las semillas están deterioradas. Pasado el tiempo de fructificación las semillas caen al suelo alrededor del árbol madre, y allí la cápsula se rompe para dar inicio a una nueva fase de propagación sexual. Los frutos varían de tamaño (entre 0.5 y 1.6 mm aproximadamente), y el número de semillas contenidas en cada fruto oscila entre 1 y 3 en frutos de tamaño menor, y entre 3 y 10 en frutos de tamaño mayor a 1.5 cm Cantillo *et al.*, (2007). Esta especie ha sido incluida en Vademécum de Plantas Medicinales de Colombia por el Ministerio de la Protección Social (2004), por su actividad farmacológica y sus propiedades analgésicas y antiinflamatorias, siendo útiles las hojas y la corteza. La familia Winteraceae no dispone aún de información de condiciones de almacenamiento (Royal Botanical Gardens - Kew, 2008).

Según Castañeda-Garzón (2014), los resultados de las pruebas de calidad de semillas en *D. granadensis* L.f. procedente de Choachí (Cundinamarca, vereda Agua Dulce), el porcentaje de pureza es 93,18 %, el peso promedio de semillas es 0,14 gr, el contenido de humedad es 39,70 %, el

la viabilidad al corte es 96,65 % y el porcentaje de germinación promedio es 47 % en sustratos (arena y turba) y del 16 % en papel absorbente (pruebas de germinación controlada, 4 muestras de 50 semillas). Se tiene conocimiento que las semillas de color negro son las que exhiben germinación, siendo éste un indicador fisiológico de la semilla de *D. granadensis*.

Con respecto a la propagación sexual de *D. granadensis*, Castañeda-Garzón (2014) afirma que el porcentaje de germinación de material proveniente de Choachí (Cundinamarca) es cercano al 43 % al emplear tratamientos pregerminativos fitohormonales de giberelina A₃ (1000 y 2000 ppm) y sembrar en turba (100 %) o arena (100 %) bajo un porcentaje de sombra del 30 %, corroborando y complementando los aportes hechos por Castañeda *et al.* (2007). El autor menciona que el momento óptimo para la colecta de semillas se presenta cuando el fruto tiene una coloración verde y se encuentra en el árbol; aspecto corroborado al consultar los resultados obtenidos por Cantillo *et al.*, (2007).

Con el objetivo de evaluar de manera preliminar la respuesta de la especie *D. granadensis* ante el uso de métodos de reproducción sexual e *in vitro*, tratamientos de desinfección, pregerminativos y sustratos, se desarrolló el presente estudio que contempló como fases de trabajo la recopilación de información secundaria y la prospección, el seguimiento fenológico y la identificación de fuentes semilleras candidatas (FSC) en áreas circundantes a la Región Capital, la recolección y el acondicionamiento de material vegetal, el establecimiento de ensayos de germinación en condiciones de invernadero e *in vitro*, el seguimiento de la germinación y el análisis de los resultados.

El presente manuscrito no profundiza aspectos relacionados con parámetros de vigor, viabilidad, morfometría de semillas y biometría de plantas, ya que estos análisis son desarrollados por el equipo del banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá (JBB), que posteriormente entregará resultados para la especie. El alcance del presente estudio permite identificar el poder germinativo de las semillas de *D. granadensis* en condiciones de invernadero e *in vitro* y su potencial uso por parte de comunidades del Distrito Capital, como uno de los aspectos contemplados a desarrollar en el marco del proyecto “Biodiversidad Altoandina al plato de todos”.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación de fuentes de semillas y recolección de material vegetal

Con base en la metodología para la evaluación de atributos funcionales de León-Moya (2011) y la selección de fuentes semilleras candidatas de Castañeda-Garzón (2014), se identificaron y evaluaron rodales de *D. granadensis* en zona rural de los municipios de Choachí (vereda Agua Dulce, 4° 36'N-73° 58'W, 2.999 m s. n. m.) y Chipaque (vereda Calderitas, 4° 24'N-74° 06'W, 3.135 m s. n. m.) en Cundinamarca, y la localidad de Santa Fe (vereda Verjones, 36° 06'N-74° 01'W, 3.311 m s. n. m.) en el Distrito Capital (Colombia). Los sitios visitados fueron priorizados a partir del estado fenológico en el periodo de desarrollo del estudio y concuerdan con algunos de los registros de herbario.

La identificación de rasgos morfológicos de flores, frutos y semillas descritas por Cantillo *et al.* (2007) y Castañeda-Garzón (2014) y el seguimiento fenológico en las fuentes de semilleras candidatas, permitió la cosecha de frutos maduros (color verde) de los árboles seleccionados, a partir de los cuales se obtuvieron las semillas para el desarrollo de los ensayos de germinación. Una vez identificados los individuos en campo, se recolectaron los especímenes de herbario y el material reproductivo, tomando no más del 30 % de los frutos por individuo. Los especímenes reposan en el Herbario del JBB, con los números de colección SLCG39, SLCG44 y SLC673.

Seguidamente, los frutos fueron depositados en bolsa plástica de cierre hermético hasta su entrega al laboratorio, cuyo periodo no tardó más de 6 horas. En las instalaciones, los frutos fueron abiertos con ayuda de un bisturí y las semillas se extrajeron manualmente, dispersándolas en bandejas plásticas sobre papel de cocina, para favorecer su aireación. Finalmente, el material fue seleccionado y almacenado hasta su uso, en bolsa de papel a una temperatura de 4 °C (refrigerador). Se descartaron las semillas de color verde y/o café, ya que las pruebas de viabilidad por observación directa, revelaron la ausencia de estructuras internas formadas y/o deterioro. Aunque algunos autores recomiendan secar al sol las semillas una vez extraídas (CAR, 2012), en el presente estudio, el procesamiento del material se llevó a cabo en laboratorio, eliminando la humedad superficial y almacenando inmediatamente.

Ensayos de germinación tradicional

De acuerdo con los resultados obtenidos por Marquinez-Casas *et al.* (2009), Castañeda *et al.* (2007) y Pérez-Martínez (2012), se establecieron varios ensayos de germinación en el invernadero de la Subdirección Científica del JBB (fotoperiodo 12/12 y sombra 30 %), bajo diseños experimentales completamente al azar (excepto por dos ensayos debido a la poca disponibilidad de material vegetal), que incluyeron como factores de análisis: fuentes semilleras candidatas, sustratos y tratamientos pregerminativos. Los sustratos empleados fueron arena (AR), lombricompost (LBC), turba (TU), tierra negra (TN) y cascarilla de arroz (CA). En tanto que como tratamientos pregerminativos se evaluó el uso de fitohormonas (GA_3 0, 1.000, 2.000 y 4.000 ppm), el almacenamiento en frío (4 °C), la inmersión en agua fría (IAF) y caliente (IAC, a punto de ebullición), y/o la estratificación en frío a 4 °C entre arena de río e hidratación (EFAH) (Tabla 1). Todos los ensayos fueron establecidos en germinadores plásticos y bajo malla polisombra (30 %) debido a la efectividad de la misma sobre la propagación sexual en condiciones de invernadero, informada por Castañeda *et al.* (2007). En invernadero la temperatura promedio fue de 15,72 °C y la humedad relativa promedio del 76,70 %; el periodo máximo de registro de germinación (emergencia de plántulas) en los ensayos fue de 193 días.

Ensayos de germinación *in vitro*

Paralelamente, se indujo la germinación *in vitro* de semillas provenientes de la misma procedencia. El experimento se realizó en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Subdirección Científica del JBB. En la etapa de desinfección, las semillas se sumergieron en una solución de detergente neutro (extran®, 2 %) durante 15 min. Después se realizaron 3 enjuagues con agua microfiltrada estéril, se continuó con la inmersión en hipoclorito de sodio al 5,25 % durante 1, 3, 5 y 7 min (TD1, TD2, TD3 y TD4, respectivamente) y se finalizó con la aplicación tres enjuagues con agua microfiltrada estéril. Las semillas fueron sembradas en el medio de cultivo Murashige y Skoog (1962), con reducción de sus sales minerales y vitaminas en un 50 % (MS ½). Como suplementos se emplearon: myo-inositol (0.1 gr/l), carbón activado (2 gr/l), sacarosa (15 gr/l) y agar (5 gr/l). La unidad experimental fue de 1 semilla por tubo de ensayo y se manejaron 5 repeticiones por tratamiento de desinfección. La evaluación del porcentaje de contaminación se realizó una semana después de la siembra. Para el proceso de germinación *in vitro*, las semillas fueron desinfectadas de acuerdo con el esquema que brindó los menores niveles de contaminación y se sometieron un tratamiento pregerminativo relacionado con remoción de la testa (R), siembra directa (S) o estratificación fría a 16 °C durante 1 mes, en recipiente oscuro (E). Posteriormente, se llevó a cabo la siembra de semillas en los medios de cultivo descritos en la Tabla 2. En total, fueron evaluados 18 tratamientos de germinación (Tabla 3). La unidad experimental correspondió a una semilla en un frasco de cultivo. Se sembraron 6 repeticiones para cada uno de los tratamientos de germinación. Los frascos se ubicaron en la sala de incubación en total oscuridad, con un rango de temperatura entre 19 y 27 °C. El registro de la variable porcentaje de germinación se realizó cada 7 días durante 3 meses. Se consideró la semilla germinada cuando hubo emisión de la radícula. Los ensayos experimentales empleados para la desinfección y germinación fueron completamente al azar.

Tabla 1. Ensayos de propagación sexual en *D. granadensis*.

Ensayo N°	Fuente semillera candidata	Diseño experimental	Tratamientos pregerminativos	Sustrato	Cantidad de semillas
1	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	DCA	0 ppm (inmersión en agua), 1.000 ppm GA ₃ y 2.000 ppm GA ₃ . Inmersión x 24 h para todos los tratamientos.	AR (100%)	UE (25) y cantidad total (225)
2	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	DCA	0 ppm (inmersión en agua), 1.000 ppm GA ₃ y 2.000 ppm GA ₃ . Inmersión x 24 h para todos los tratamientos.	TU (100%)	UE (25) y cantidad total (225)
3	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	DCA	0 ppm (inmersión en agua), 1.000 ppm GA ₃ y 2.000 ppm GA ₃ . Inmersión x 24 h para todos los tratamientos.	TN (70%) y CA (30%)	UE (25) y cantidad total (225)
4	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	DCA	Testigo (T) sin inmersión x 24 h, inmersión agua fría (IAF, 4°C) x 24 h e inmersión en agua caliente (IAC a punto de ebullición y durante 1 minuto).	TN (70%) y CA (30%)	UE (110) y cantidad total (1320)
5	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	DCA	0 ppm (inmersión en agua), 1.000 ppm GA ₃ , 4.000 ppm GA ₃ . Inmersión x 36 h para todos los tratamientos.	TN (70%) y CA (30%)	UE (200) y cantidad total (1800)
6	Bogotá, Distrito Capital (Localidad Santa Fe, Vereda Verjones)	DCA	0 ppm (inmersión en agua), 1.000 ppm GA ₃ , 4.000 ppm GA ₃ . Inmersión x 36 h para todos los tratamientos.	TN (70%) y CA (30%)	UE (150) y cantidad total (1350)
7	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	No se empleó diseño experimental	Estratificación en frío a 4°C (EFAH), entre arena de río e hidratación) y almacenamiento en frío a 4° C (SEF), sin sustrato e hidratación), a oscuridad por un periodo de 30 días.	Bandeja A (TN 50%-TU 50%) y B (TN 50% y LBC 50%)	UE (50) y cantidad total (500)
8	Choachí (Cundinamarca). Vereda Agua Dulce.	DCA	Almacenamiento de la semilla en bolsas de papel a baja temperatura (4° C), tras 63 días de colecta.	TN, TU, AR río (100% c/u, total de 3 bandejas).	UE (250) y cantidad total (750)
9	Chipaqué (Cundinamarca). Vereda Caldertías.	No se empleó diseño experimental	Inmersión en agua fría (Testigo) y 1.000 ppm de GA ₃ . Inmersión x 36 h para todos los tratamientos.	TN (50%) y TU (50%)	UE (54) y cantidad total (108)

GA₃ (giberelina A₃), DCA (diseño completamente al azar), AR (Arena), TN (Tierra negra), TU (Turba), CA (Cascarilla), LBC (Lombricompost), UE (unidad experimental).

Tabla 2. Medios de cultivo para la siembra de semillas de *D. granadensis*.

Componente (g/l)	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Sales y vitaminas MS	100 %	100 %	50 %	50 %	50 %	50 %
Myo-inositol	0.1	0.1	50	0.05	0.05	0.05
GA ₃	-	0.002	-	0.002	-	0.002
Pulpa de banano	-	-	-	-	30	30
Carbón activado	-	-	-	-	2	2
Sacarosa	15	15	15	15	15	15
Agar	5	5	5	5	5	5
pH	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8

Tabla 3. Tratamientos para inducir la germinación *in vitro* en *D. granadensis*.

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
T1	R+M1	T7	S+ M1	T13	E+ M1
T2	R+ M2	T8	S+ M2	T14	E+ M2
T3	R+ M3	T9	S+ M3	T15	E+ M3
T4	R+ M4	T10	S+M4	T16	E+ M4
T5	R+M5	T11	S+ M5	T17	E+ M5
T6	R+ M6	T12	S+ M6	T18	E+ M6

R, S y E están relacionados con el tratamiento pregerminativo aplicado, correspondiente a remoción de la testa (R), siembra directa (S) o estratificación fría a 16 °C durante 1 mes en recipiente oscuro (E), respectivamente. M1, M2, M3, M4, M5 y M6 corresponden a los medios de cultivo empleados para la siembra, descritos en la Tabla 2.

Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos en el periodo de evaluación de la germinación (promedio de 6 meses para propagación sexual y 3 meses para propagación *in vitro*) se abordó inicialmente por medio del análisis exploratorio (excel), a partir del cual se obtuvieron las curvas de germinación y crecimiento por ensayo. Seguidamente, se llevó a cabo el análisis estadístico (univariado) para los ensayos establecidos bajo diseños experimentales, por medio de los programas estadísticos PAST 2.17 (Hammer y Harper, 2006), SAS 9.1 y R, previa verificación del cumplimiento de los parámetros de distribución de la variable y de distribución normal. El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95 %, se contrastaron las hipótesis planteadas para cada procedimiento y se complementó con el test de Tukey.

3. RESULTADOS

Identificación de fuentes de semilla y recolección de material vegetal

Durante el desarrollo del estudio, se identificaron tres fuentes semilleras candidatas (FSC) para la especie *D. granadensis*, presentes en la zona rural de los municipios de Chipaque (vereda Calderitas), Choachí (vereda Agua Dulce) y la localidad de Santa Fe (vereda Verjones), en las cuales se colectó material vegetal para los ensayos de germinación.

Ensayos de germinación tradicional

El uso de giberelina A₃ tuvo un efecto variable en la germinación de *D. granadensis*. El uso de la fitohormona en concentraciones de 2.000 y 1.000 ppm, es favorable en materiales procedentes de Choachí, sin embargo, se observan diferencias al emplear diferentes sustratos (Figura 1). El análisis de varianza (ANOVA) demostró diferencia significativa para la variable porcentaje de germinación (PG) de *D. granadensis* ($p \leq 0,05$) en el ensayo cinco. La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), el tratamiento testigo produjo efectos que presentan diferencia estadística con respecto a todos los demás tratamientos evaluados.

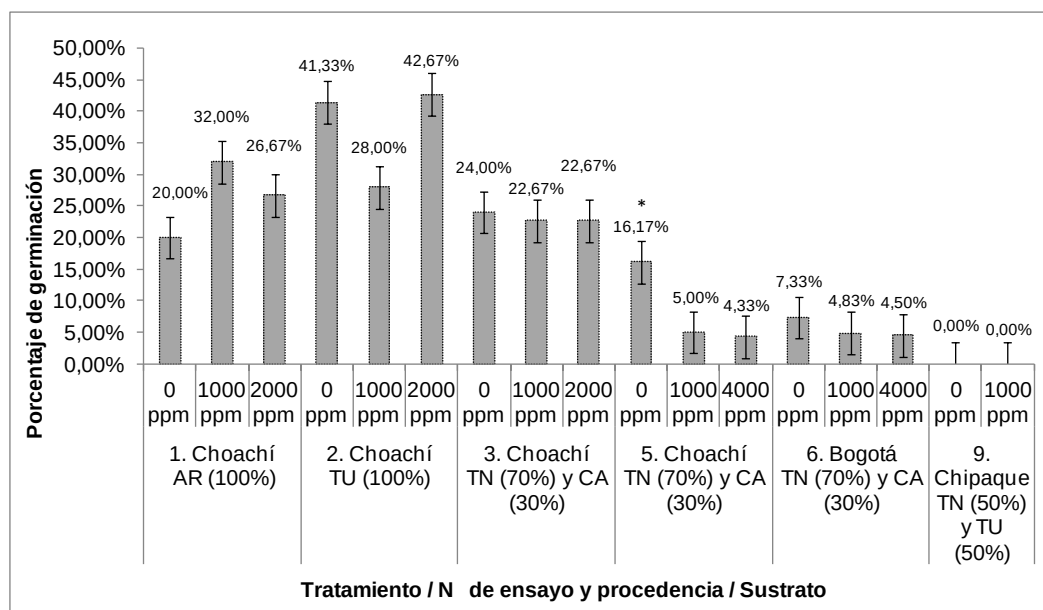


Figura 1. Porcentaje promedio de germinación de *D. granadensis* al emplear fitohormonas.

AR (Arena), TU (Turba); TN (tierra negra), CA (Cascarilla de arroz). * Tratamiento estadísticamente significativo ($p \leq 0,05$) y Tukey ($\alpha = 0,05$).

Los ensayos para evaluación preliminar del efecto de los tratamientos de inmersión en agua, estratificación y sustrato, denotan que la inmersión en agua fría, estratificación en frío-húmedo y el uso de tierra negra como sustrato, en material proveniente de Choachí (Cundinamarca), son favorables para la germinación. Sin embargo, el uso de TN (50 %) y LBC (50 %), arroja los mayores valores (Figura 2).

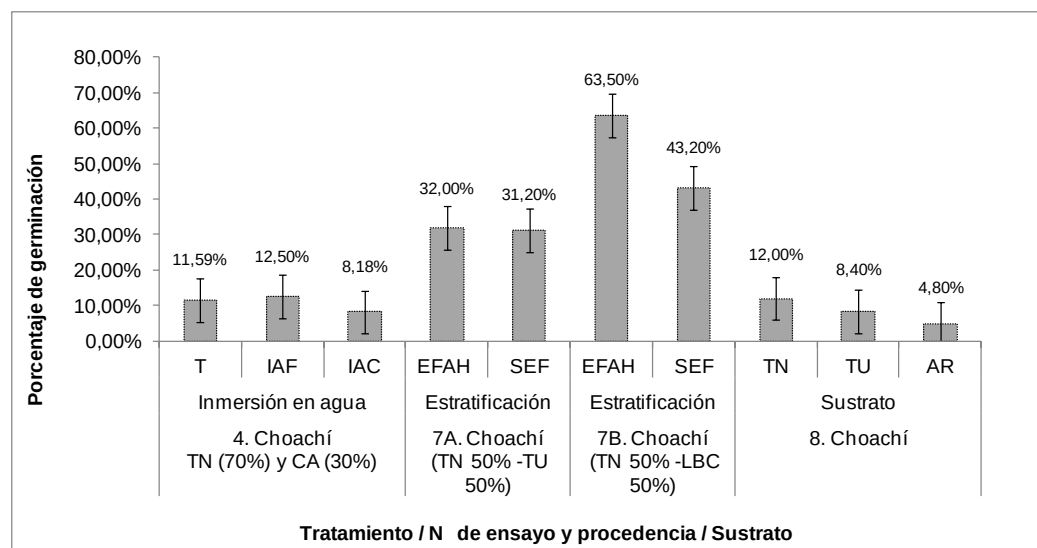


Figura 2. Porcentaje promedio de germinación de *D. granadensis* al emplear otros tratamientos pregerminativos.

T (Testigo), IAF (Inmersión en agua fría), IAC (Inmersión en agua caliente), EFAH (estratificación en frío a 4°C, entre arena de río e hidratación), SEF (almacenamiento en frío a 4°C, sin sustrato e hidratación), TN (tierra negra), TU (Turba), LBC (Lombricompost), AR (Arena).

Ensayos de germinación *in vitro*

Para los tratamientos de desinfección con TD1 y TD2 (hipoclorito de sodio al 5,25 %, con inmersión de 1 y 3 min) la contaminación fue del 60 %. Ésta se redujo al 20 % empleando los tratamientos de desinfección TD3 y TD4 (hipoclorito de sodio al 5,25 %, con inmersión de 5 y 7 min). Al realizar análisis de varianza para la variable porcentaje de contaminación, se encontró que los tratamientos de desinfección no presentan diferencias significativas ($P = 0,3909$). Sin embargo, teniendo en cuenta los mayores niveles de desinfección y el menor tiempo de inmersión del explante, se destaca el tratamiento TD3 (hipoclorito de sodio al 5,25 %, con inmersión de 5 min) como el más apropiado. En el proceso de establecimiento, 12 semanas después de la siembra *in vitro*, la germinación fue nula en todos los tratamientos, excepto en el T1 (R+M1), en donde se observó, al término del tiempo de evaluación, emergencia de la radícula en un 16,6 % de las semillas sembradas. Al realizar el ANOVA, no se encontraron diferencias significativas ($P = 0,4660$).

4. DISCUSIÓN

La evaluación de los ensayos de germinación (vía tradicional) establecidos para la especie *D. granadensis*, dejan ver que en general, el porcentaje de germinación (PG) del material proveniente de Choachí (Cundinamarca) es superior (42,67 %) al emplear el tratamiento pregerminativo de giberelina A₃ (2000 ppm) y sembrar en turba (100 %), bajo un porcentaje de sombra del 30 %. No obstante, bajos las mismas condiciones de sombra y de sustrato, el tratamiento testigo alcanzó valores altos de germinación (41,33 %). En contraste, en sustrato de arena (100 %) y sombra del 30 %, el mayor valor de germinación se obtuvo en el tratamiento de giberelina A₃ (1000 ppm). Lo anterior, revela un posible efecto del sustrato en la germinación de *D. granadensis*, que sugiere ser evaluado posteriormente. Estos resultados difieren con los obtenidos por Castañeda *et al.* (2007) y Cantillo *et al.* (2007) al evaluar material procedente de la Reserva Forestal de San Cristóbal (Cerros Orientales), al observar mayores valores de germinación ante el uso de giberelina A₃ (1000 y 2000 ppm).

En los ensayos de propagación sexual (en invernadero) de *D. granadensis* en los cuales se combinó la evaluación de fitohormonas y sustratos, los valores más altos de germinación se obtuvieron en turba 100 % (PG 42,67 %) y arena 100 % (PG 32 %) empleando giberelina A₃ como tratamiento pregerminativo. En contraste, la inmersión de las semillas en agua (tratamiento testigo) presentó los mayores PG, al emplear como sustrato la composición de tierra negra-cascarilla (70% - 30 %); en estas condiciones, se obtuvo un PG de 24 % y 16,17 % en semillas procedentes de Choachí y de 7,33 % en las semillas procedentes de Bogotá. Al revisar los PG obtenidos en los ensayos en los cuales se contemplaron de manera independiente y como tratamientos: la inmersión de las semillas, la estratificación y el sustrato, los mayores valores de PG para semillas procedentes de Choachí, se observan al sembrar en tierra negra-cascarilla 70- 30 % (12,50 %, inmersión en agua fría), tierra negra-turba 50 % - 50 % (32 %, estratificación frío-húmedo), tierra negra-lombricompost 50 % - 50 % (63,5 %, estratificación frío-húmedo) y tierra negra (12 %). Lo anterior, revela de manera preliminar, diferencias en la germinación de *D. granadensis* de acuerdo al sustrato empleado.

Estos resultados corroboran lo mencionado por Niembro y Fierros (1990), al afirmar que “la germinación de las semillas se encuentra fuertemente influida por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que puede favorecer o entorpecer la germinación”. Aunque en el presente estudio, no se registraron las características físico-químicas de los sustratos utilizados, se observa una posible fuente de variación por parte de esta variable, que sugiere evaluarse posteriormente, afín de identificar el mejor sustrato a emplear para la propagación de *D. granadensis*. La obtención de menores valores de PG en la composición de sustrato de tierra negra-cascarilla (70 % - 30 %) con respecto al uso de otros sustratos, podría deberse a lo

mencionado por Sampaio *et al.* (2008), quienes afirman que “aquellos sustratos asociados con la presencia de cascarilla de arroz y fibra de coco, realizan poco aporte nutricional en cuanto a nitrógeno y fósforo, para un buen desarrollo de plántulas”. El uso de lombricompost, podría ser más favorable para *D. granadensis* debido a su aporte orgánico.

El efecto del sustrato en la germinación y desarrollo, ha sido evaluado en algunas especies forestales (Aparicio-Rentería *et al.*, 1999), frutales (Andrade-Rodríguez *et al.*, 2008; Méndez Natera *et al.*, 2009) y hortalizas (Araméndiz-Tatis *et al.*, 1999), identificando una variación en la incidencia de los mismos, debida a las características de las especies y la composición de sustratos. Esto se ha observado al usar sustratos como arena, aluvión, cascarilla de arroz, fibra de coco, lombriabono y gallinaza para *Solanum melongena* (Araméndiz-Tatis *et al.*, 1999); arena, suelo y bagazo para *Psidium guajaba* (Méndez Natera *et al.*, 2009); turba, vermicompuesto, tierra de hoja, fibra de coco, aserrín y agrolita para *Carica papaya* (Andrade-Rodríguez *et al.*, 2008) y arena de mina, tierra de monte y agrolita para *Pinus patula*, *Pinus montezumae* y *Pinus pseudostrobus* (Aparicio-Rentería *et al.*, 1999). Los resultados obtenidos en el presente estudio dejan ver que algunas combinaciones de factores internos y externos inciden en la germinación de *D. granadensis*, corroborando lo expuesto por Abraham de Noir y Ruiz de Riberi (1995), quienes indican que para “que se produzca la germinación es necesaria la interacción de factores externos (sustrato, temperatura, humedad, aireación e iluminación), y de factores internos o propios de la semilla (viabilidad y latencia)”. Lo anterior, denota la necesidad de desarrollar estudios en los cuales se evalúen diferentes combinaciones de factores, con el objetivo de identificar los mejores métodos de propagación de la especie.

Según Ramos (2002), la dispersión de semillas registrada en esta especie, está relacionada con la densidad de árboles adultos y la tendencia aparente para *D. granadensis*, es la germinación inmediata de las semillas en el sitio. La reproducción sexual constituye el principal método de propagación en la mayor parte de los casos (Toogood, 2000), sin embargo, está condicionada por la disponibilidad de semilla, que es “influenciada por la fenología de las especies y por la producción estacional de las semillas” (Penhalver y Matovani, 1997). Por esta razón, se sugiere integrar estos resultados, con el desarrollo de estudios de seguimiento fenológico y caracterización temporal de lluvia de semillas en los sitios de estudio y en aquellos en los cuales se registra la presencia de la especie, como por ejemplo el páramo El Granizo (Monserate), el pantano de Martos (Guatavita) y el Cerro de Mamapacha (Boyacá)-Ramos (2002), Rodríguez-Santamaría *et al.*, (2006) y Avella-M. *et al.*, (2014); sitios de interés para la conservación. Esto permitirá enriquecer los bancos de germoplasma (colecciones de campo) de la especie, como medida de conservación *ex situ*.

En el estudio se observó que el inicio de la germinación de *D. granadensis* es, en promedio, superior a los 60 días (condiciones de invernadero). Para las semillas procedentes de Choachí, los mayores valores de germinación (41,33 y 42,67 %) se obtuvieron al emplear turba (100 %) como sustrato e inmersión de semillas en agua y en giberelina A₃ (2000 ppm) durante un periodo de 24 horas. Sin embargo, se observa que la inmersión en agua (tratamiento testigo) favorece igualmente la germinación de las semillas al emplear sustratos (tierra negra 70 % y cascarilla 30 %). Los resultados de la evaluación preliminar de tratamientos de estratificación en semillas procedentes de Choachí, se observa que la germinación es superior al emplear la estratificación en frío y húmedo a 4 °C (entre arena de río e hidratación por 30 días) y sembrar en sustrato de tierra negra y lombricompost (50:50).

En general, las semillas almacenadas en seco (4 °C), presentaron menores porcentajes de germinación; resultados que dejan abierta la hipótesis que la especie presente latencia morfofisiológica, ya que otros autores (Figueroa *et al.* 1996, Figueroa y Jaksic 2004) han identificado que *Drimys winteri* J. R. Forst. & G. Forst, exhibe latencia fisiológica y morfológica en sus semillas y el tratamiento para inducir la germinación es la estratificación fría. Para algunas especies con probable latencia fisiológica (Godines y Flores, 2000), el uso los tratamientos de estratificación térmica, incide favorablemente en la germinación.

El estudio desarrollado por Abreu *et al.* (2005) en *Drimys brasiliensis* Miers, en el que se evalúa la combinación de sustratos (papel filtro, arena y vermiculita) y estratificación (30, 60 y 90 días) a diferentes temperaturas (17, 25 y 30 °C) en cámara de germinación (20-30 °C), asociadas a características morfológicas del embrión, denotan que “el tratamiento pregerminativo de estratificación promueve el desenvolvimiento embrionario, superando la dormancia de sus semillas”. El autor afirma que “*D. brasiliensis*, por ser una especie andina, no necesita desarrollar mecanismos fisiológicos de adaptación a climas fríos, por lo tanto, un periodo de estratificación es suficiente para revertir el estado de dormición y que las semillas germinen en invierno”. Esta recomendación podría ser igualmente útil para *D. granadensis*, una especie andina de clima frío.

La respuesta en la germinación ante condiciones de humedad alta de *D. granadensis* así como la alta cantidad de endospermo, revela tentativamente la recalcitrancia de sus semillas. Según Magnitskiy y Plaza (2007) “al contrario de las semillas ortodoxas, las semillas recalcitrantes se diseminan en una condición húmeda y metabólicamente activa (Leprince *et al.*, 1993, Kainer *et al.*, 1999), perdiendo rápidamente su capacidad de germinación al quedar expuestas a condiciones de baja humedad (Kermode y Finch-Savage, 2002)”. Con respecto al tipo de semilla y a las condiciones de almacenamiento, para la familia Winteraceae no dispone aún de información (Royal Botanical Gardens - Kew, 2008).

Entre los tratamientos pregerminativos sugeridos para la *D. granadensis*, se encuentra la inmersión en agua durante 24 horas (Cordero y Boshier 2003, García 2010 y Ramírez-Marcial *et al.*, 2003), la inmersión en GA₃ a 1.000 ppm durante 24 horas (García-Flores, 2010) y se registra un periodo de germinación entre 102 y 138 días (García-Flores, 2010) y entre 180 y 200 días (Ramírez-Marcial *et al.*, 2003); no obstante, en el presente estudio se identificó que a través de ensayos de propagación sexual, es factible que este periodo de tiempo disminuya al emplear los tratamientos pregerminativos mencionados con anterioridad.

La desinfección de explantes se convierte, en ciertas ocasiones, en una limitante para el establecimiento *in vitro* de material vegetal. Las causas se relacionan principalmente con la poca disponibilidad de explantes o con el alto grado de contaminación que presenta el material vegetal cuando éste es recolectado en condiciones naturales. Por lo anterior, el uso de semillas de *D. granadensis* como material de partida, fue una buena alternativa para lograr el establecimiento aséptico de explantes y poder así estudiar los mecanismos de germinación en condiciones *in vitro* (Pérez-Martínez, 2012). Cuando se emplea la semilla como explante de partida, se requiere que igualmente sea sometida a ensayos de desinfección para eliminar microorganismos contaminantes que puedan impedir su germinación. El hipoclorito de sodio es el agente a base de cloro más empleado y recomendado para la desinfección superficial de materiales a introducir al cultivo *in vitro* (Abdelnour y Muñoz 2005, Blanco y Valverde 2004), es útil como germicida y agente oxidante, resulta ser muy eficiente para éste propósito, seguro, de fácil enjuague y muy económico (Suárez 1997, Carmona 2003). Sin embargo, su empleo en un tiempo prolongado y a elevadas concentraciones, puede alterar las condiciones fisiológicas de los explantes dando lugar a necrosis y pérdida de la viabilidad (Flores *et al.*, 2008). Teniendo en cuenta los parámetros mencionados, las semillas *D. granadensis* fueron tratadas empleando como agente desinfectante el hipoclorito de sodio al 5,25 % con 4 tiempos de inmersión, que no superaron los 7 min. En el estudio, se identificó al tratamiento TD3 (hipoclorito de sodio al 5,25 % con inmersión de 5 min), como el esquema de desinfección más adecuado, ya que se alcanza el mismo porcentaje de desinfección (80%) con relación al TD4 (hipoclorito de sodio al 5,25 % con inmersión de 7 min), al emplear un menor tiempo de inmersión del explante. Para *D. granadensis*, la fase de establecimiento *in vitro* reveló que el uso del tratamiento T1: R+M1 (remoción de la testa y siembra en medio MS al 100 % en sales y vitaminas, sin suplementos orgánicos u hormonales) favoreció la germinación del 16,6 %, tres meses después de la siembra. Lo anterior indica que probablemente los mecanismos de latencia de las semillas de *D. granadensis* están influenciados por la presencia de la testa, la cual puede tener un efecto químico, por ejemplo, por la presencia de inhibidores fenólicos (Selle *et al.*, 1983) o mecánico, impidiendo el flujo necesario de agua y oxígeno para la germinación (Kelly *et al.*, 1992). Los resultados obtenidos al emplear oscuridad en la sala de incubación como factor de evaluación, corroboran lo expresado por Finegan (1993) y Cantillo *et*

al. (2007), con respecto al gremio ecológico “heliófito durable” al que pertenece, ya que requiere de sombra en sus primeras etapas de desarrollo.

Los resultados de germinación *in vitro* para *D. granadensis* revelan que el proceso germinativo es sensible a la presencia de suplementos hormonales (GA₃) u orgánicos (pulpa de banano) e influenciado positivamente al emplear el medio de cultivo MS al 100 % en sales y vitaminas (M1). Estos resultados contrastan los registrados para otras especies, en donde se ha hecho necesaria la adición al medio de cultivo citoquininas, giberelinas o fluridone, para romper la latencia de las semillas (Ali-Rachedi *et al.*, 2004) y en donde el efecto inhibitor del medio MS, se evidencia incluso cuando se emplea en bajas concentraciones, por lo que se les atribuye a los nutrientes del medio MS, la disminución del vigor y retardo de la germinación (Rodríguez *et al.*, 2014). El estrés osmótico provocado por un medio rico en sales como el MS, podría incidir en que el metabolismo de los tejidos vegetales estimule la liberación de compuestos que son fáciles de oxidar convirtiéndose en fitotóxicos (Turkan y Demiral, 2009).

Paralelamente, es importante disponer de diferentes fuentes semilleras para *D. granadensis* y comparar los resultados del cultivo de tejidos por procedencia, ya que en algunas especies forestales (p.e. *Quillaja saponaria* Mol.), se ha identificado que la germinación *in vitro*, el crecimiento de las plántulas y el enraizamiento, se encuentran estrechamente relacionados con el origen materno de las semillas (Prehn *et al.*, 2003).

5. CONCLUSIONES

Para las semillas de *Drimys granadensis* procedentes de Choachí (Cundinamarca), la germinación en condiciones de invernadero es superior al 40 %, al emplear como tratamiento pregerminativo la inmersión de las semillas en giberelina A₃ (2000 ppm, durante 24 horas) y posterior siembra en turba (100 %) y contenedores plásticos, bajo un porcentaje de sombra del 30 %. *D. granadensis* exhibe el inicio de la germinación (vía tradicional) en un periodo promedio de 75 días, presentando un porcentaje de germinación máximo de 63,50 %.

En contraste, en la germinación *in vitro*, el mayor nivel de desinfección de semillas se alcanza al emplear principalmente hipoclorito de sodio al 5,25 %, con inmersión del explante durante 5 min. La germinación de *D. granadensis* en estas condiciones se ve influenciada por la remoción de la testa y la siembra en un medio de cultivo sin fitoreguladores ni suplementos orgánicos. Sin embargo, se debe profundizar en los mecanismos que controlan la latencia y determinar la influencia en los procesos de germinación de otros factores, como la fuente semillera.

Se recomienda extraer manualmente las semillas y almacenarlas secas a 4 °C o en refrigerador, para evitar su deterioro. De igual manera, recolectar la semilla cuando el fruto aún está en el árbol y está de color verde-amarillento, para evitar problemas fitosanitarios. En caso de no disponer de fitohormonas, se recomienda sembrar en las mismas condiciones de sombra y emplear como tratamiento pregerminativo la inmersión en agua por 24 horas y la composición de sustrato tierra negra y cascarilla (70 % - 30 %) y/o tierra negra-lombricompost (50 % - 50 %). No obstante, se tiene conocimiento que para especies del mismo género y para la especie de estudio, se observa un efecto de la estratificación en frío-húmedo (almacenado a 4 °C, en arena de río e hidratación) en la germinación.

AGRADECIMIENTOS

A la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y al equipo del Sistema Integrado de Propagación de la Subdirección Científica (Programa Manejo de especies vegetales en la región capital), por su apoyo en el desarrollo de las labores. A Colciencias por la contribución en la generación de conocimiento a través de la financiación del proyecto “Biodiversidad andina al plato de todos”.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelnour, A. y A. Muñoz. 2005. Micropropagación de teca (*Tectona grandis* L.f.). Kurú: *Revista Forestal* (Costa Rica), 2(5): 1-11.
- Abraham De Noir, F. y Ruiz De Riberi, M. 1995. Laboratorio de semillas forestales. En: *Bosques y Desarrollo*. No. 14. Organización Internacional de Maderas Tropicales. pp. 24-28.
- Abreu, D. C.; A. C. Nogueira y A. C. S. Medeiros. 2005. Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers. Winteraceae). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 27 (1): 149-157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222005000100019>
- Ali-Rachedi, S.; D. Bouinot; M.H. Wagner; M. Bonnet; B. Sotta; P. Grappin y M. Jullien. 2004. Changes in endogenous abscisic acid levels during dormancy release and maintenance of mature seeds: studies with the Cape Verde Islands ecotype, the dormant model of *Arabidopsis thaliana*. *Planta*, 219(3): 479-488. DOI: 10.1007/s00425-004-1251-4
- Andrade-Rodríguez, M.; J. J. Ayala-Hernández; I. Alia-Tejcal; H. Rodríguez-Mendoza; C. M. Acosta-Durán y C. V. López-Martínez. 2008. Efecto de promotores en la germinación y sustratos en el desarrollo de plántulas de papayo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 25:607-635.
- Aparicio-Rentería, A.; H. Cruz-Jiménez y J. Alba-Landa. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch et Cham., *Pinus montezumae* Lam. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. en condiciones de vivero. *Foresta Veracruzana*. 1(2):31-36.
- Araméndiz-Tatis, H.; C. Cardona-Ayala y E. Correa-Álvarez. 2013. Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 7(1):55-61. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i1.2035>
- Avella-M., A.; S. Torres-R.; W. Gómez-A. y M. Pardo-P. 2014. Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colombiana*. 15(1): 2-39.
- Bartholomäus, A.; A. De La Rosa; J. Santos G.; D. L. Acero y W. Moosburgger. 1998. *El Manto de la Tierra. Guía de 150 especies de la flora andina*. GTZ, CAR, KfW. Santafé de Bogotá D. C.
- Bernal, R.; S. R. Gradstein y M. Celis (eds.). 2015. *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. [en línea] Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: <<http://catalogoplantascolumbia.unal.edu.co>> [fecha de consulta: 18 de julio de 2016].
- Blanco, M. y R. Valverde. 2004. Micropropagación de *Philodendron* sp. *Agronomía Costarricense*. 28 (1): 39-46.
- Cantillo, M.; S. Castañeda; A. Garzón; M. Torres. 2007. *Propagación sexual y asexual de ocho especies nativas del bosque altoandino con fines de restauración ecológica*. Informe Final. Convenio interadministrativo 369-04. Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. p.213.
- CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2012. *Vegetación del Territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas*. Segunda edición. Bogotá. p.869.
- Carmona, M. 2003. *Daños y pérdidas causadas por enfermedades. Importancia del manejo integrado. Ubicación estratégica de fungicidas foliares*. Actas jornadas técnicas de manejo integrado de enfermedades en cultivos extensivos. p.10-15.
- Castañeda-Garzón, S. L. 2014. Perfil de investigación, Contrato 687 de 2013. *Evaluación de fuentes semilleras y propagación tradicional de dos especies vegetales de bosque altoandino y páramo, con fines de conservación ex situ*. Jardín Botánico de Bogotá. Subdirección Científica. Bogotá. p.104.
- Castañeda, S. L.; A. E. Garzón; M. A. Cantillo; M. P. Torres y J. Silva. 2007. Análisis de la respuesta de ocho especies nativas del bosque alto andino ante dos métodos de propagación. *Revista Colombia Forestal* 10(20): 79-90.
- Cicció, J. F. 1997. Aceites esenciales de las hojas y de los frutos verdes de *Drimys granadensis* (Winteraceae). *Revista de biología tropical*, 44(3)/45(1): 29-33.

- Cordero, M. A. J. y D. H. Boshier. 2003. *Árboles de Centroamérica: un Manual para Extensionistas*. Oxford University Institute –OFI / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE. Turrialba, CR. p.1079.
- DAMA - Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente. 2000. *Protocolo Distrital de restauración ecológica. Guía para La restauración de ecosistemas nativos en áreas rurales de Santafé de Bogotá*. Bogotá. p.285.
- DAMA - Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente. 2004. *Guía para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital*. Bogotá. p.95.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2002. *Estado de la información actual de Colombia*. Santiago de Chile. p.229.
- Figueroa, J.; J. Armesto y J. F. Hernández. 1996. Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 260-299.
- Figueroa, J. y F. Jaksic. 2004. Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77: 201-215. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2004000100016>
- Finegan, B. 1993. *Los gremios de especies forestales. Documento del curso de bases ecológicas para la producción sostenible*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p.24.
- Flores, A.; J. F. Álvarez; J. L. Rodríguez y A. Corona. 2008. Germinación *in vitro* de semillas de *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. *Foresta Veracruzana*, 10(2): 27-33.
- García-Flórez, L. 2010. *Protocolos de propagación 37 especies forestales nativas del Valle de Aburrá*. Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe. Medellín. p.172.
- Godines, H. y A. Flores. 2000. Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica. *Polibotánica*. 11: 1-29.
- Hammer, Ø y D. Harper. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Oxford. p.351.
- Kainer, K; M. Duryeaa; M. Malavasi; E. Rodrigues da Silva; J. Harrison. 1999. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. *Forest Ecology and Management*, 116: 207-217. DOI: [10.1016/S0378-1127\(98\)00461-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00461-7).
- Kelly, K. M.; J. Van Staden y W. E. Bell. 1992. Seed coat structure and dormancy. *Plant Growth Regulat*, 11: 201-209.
- Kermode, A. R. y W. E. Finch-Savage. 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: Black, M. y H.W. Pritchard, editors. *Desiccation and survival in plants. Drying without dying*. CABI Publishing. p149-184.
- León-Moya, O. A. 2011. Informe Final, Contrato 570-2010. *Objeto del contrato: Distribución geográfica, identificación, caracterización y estado del hábitat de fuentes semilleras de Cestrum buxifolium, Pentacalia ledifolia y Clethra fimbriata, en Bogotá D.C y la región*. Jardín Botánico de Bogotá. Subdirección Científica. Bogotá. p.113p.
- Leprince, O.; G. A. Hendry y B. D. McKersie. 1993. The mechanism of desiccation tolerance in developing seeds. *Seed Science Research*, 3: 231-246. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0960258500001859>
- Magnitskiy, S. y G. Plaza. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, 25(1): 96-103.
- Marquinez-Casas, X.; R. Sarmiento y K. Lara. 2009. Fenología floral y visitantes florales en *Drimys granadensis* L.f. (Winteraceae). *Acta Biológica Colombiana*, 14(3): 47-60.
- Méndez Natera, J. R.; Moreno, M. C. y Moya J. F. 2009. Efecto de diferentes combinaciones de sustratos (arena, suelo y/o bagazo de caña de azúcar) sobre la germinación de semillas y altura de plantas de guayaba (*Psidium guajaba* L.). *Revista UDO Agrícola*. 9(1):121-125.
- Ministerio de la Protección Social. 2004. *Decreto número 2266 de 2004*, por medio del cual se reglamentan los regímenes de registros sanitarios, y de vigilancia y control sanitario y publicidad de los productos fitoterapéuticos, Bogotá. [en línea] [fecha de consulta: 10 de julio de 2016],

- p66. Disponible en: <<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/1/Vademecum%20Colombiano%20de%20Plantas%20Medicinales.PDF>>
- Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. *Physiologia Plantarum*, 15: 473-497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Niembro, R. A. y Fierros, G. A. M. 1990. Factores ambientales que controlan la germinación de las semillas de pinos. En: *Memoria. Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales*. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp.124-144.
- Penhalver, E. F. y W. Matovani. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, 20(2): 205-220. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041997000200011>.
- Pérez-Martínez, B. A. 2012. Perfil de investigación, Contrato 840 de 2012. *Protocolos de propagación por técnicas biotecnológicas de tres (3) especies priorizadas con fines de propagación masiva para la conservación, la reintroducción y la restauración*. Jardín Botánico de Bogotá. Subdirección Científica. Bogotá, 189p.
- Prehn, D.; C. Serrano; C. G. Berrios y P. Arcejohnson. 2003. Micropropagación de *Quillaja saponaria* Mol. a partir de semillas. *Bosque*, 24 (2): 3-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002003000200001>
- Ramírez-Marcial, N.; A. Camacho-Cruz y M. González-Espínosa. 2003. *Guía para la propagación de especies leñosas nativas de los Altos y montañas del Norte de Chiapas*. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas. Chiapas, México. p.39.
- Ramos, C. 2002. *Estrategias regenerativas de Clusia multiflora, Drimys granadensis y Weinmannia tomentosa en el bosque altoandino*. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Rodríguez, M.; M. Chacón y R. Carrillo. 2014. Efecto de la concentración y de los componentes del medio de cultivo MS sobre la germinación in vitro de *Ugni molinae*. *Bosque*, 35(1): 119-122. DOI: 10.4067/S0717-92002014000100012
- Rodríguez-Santamaría, M. F.; J. M. Puentes-Aguilar y F. Cortés-Pérez. 2006. Caracterización temporal de la lluvia de semillas en un bosque nublado del cerro de Mamapacha (Boyacá-Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Naturales*, 30 (117): 619-624.
- Royal Botanical Gardens - Kew. 2008. *Seed Information Database*. SID 7.1. Millennium Seed Bank Project. [En línea] Disponible en: <<http://data.kew.org/sid/SidServlet?Clade=&Order=&Family=Winteraceae&APG=off&Genus=&Species=&StorBehav=0>> [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2017].
- Sampaio, R. A.; S. J. Ramos; D. O. Guilherme; C. A. Costa y L. A. Fernandes. 2008. Produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. *Hortic. Bras.* 26 (4), 499-503. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362008000400015>
- Selle, C. M.; E. González de Mejía; L. G. Elías y B. A. Bressani. 1983. Evaluación de algunas características químico-nutricionales de la semilla del árbol de hule (*Hevea brasiliensis*). *Archivos Latinoam. Nutric*, 33(4): 884-901.
- Suárez, A. E. 1997. Métodos de asepsia y esterilización. En: M. Perea y J. Cedeño (Eds.). *Cultivo de Tejidos Vegetales y sus Aplicaciones en la Agricultura*. Curso: UDO-OIEA, Maturín, Venezuela. p.33-40.
- Toogood, A. 2000. *Enciclopedia de la propagación de plantas*. Royal Horticulture Society. Ed. Blume, L. Barcelona. p.320.
- Turkan, I. y T. Demiral. 2009. Recent developments in understanding salinity tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 67: 2-9. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2009.05.008
- Vargas, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta biológica Colombiana*, 16 (2): 221-246.



NOTA TÉCNICA

Simulación del crecimiento de bosques nativos del Chaco Semiárido. Aplicación del sistema informático MOSIMAFO

Growth simulation in natural forests of Semiarid Chaco. Application MOSIMAFO computer system

Iturre, M. C.¹; P. A. Araujo¹ y C. J. Trejo²

Recibido en abril de 2016; aceptado en marzo de 2017

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue la aplicación de un programa informático para realizar experimentos de simulación basados en la distribución diamétrica. El sistema sirve de apoyo al estudio y manejo de bosques del Chaco Semiárido Santiagueño. El Modelo de Simulación de Manejo Forestal (MOSIMAFO) permite predecir el desarrollo de los parámetros dasométricos que caracterizan al bosque. Un primer prototipo del sistema se implementó utilizando la herramienta EVOLUCION desarrollada por la Universidad Industrial de Santander que permite realizar simulaciones basadas en los principios de dinámica de sistemas. Para su construcción se determinaron previamente los parámetros dasométricos que caracterizan al bosque, las ecuaciones y expresiones matemáticas que posibilitan proyectar la dinámica de la masa forestal. En una segunda etapa se efectuó el análisis y especificación de requisitos, identificándose las necesidades, funcionalidades y características del sistema informático. Se definieron las variables esenciales, sus unidades y el conjunto de ecuaciones que integran el modelo matemático del sistema. Se realizaron distintas ejecuciones del simulador y comprobación de los resultados mediante un análisis de los cambios en la distribución diamétrica, área basal y volumen.

Palabras Claves: Modelo de simulación; Chaco Semiárido; Bosques; Dinámica

ABSTRACT

The objective of the work was the application of software to perform simulation experiments based on the diametric distribution. The computer system serves as a support for the study and management of forests in the Chaco Semiárido Santiagueño. As a result the Forest Management Simulator (MOSIMAFO) computer system was obtained to predict the development of mensuration parameters that characterize a Chaco semiarid forest. A first prototype was implemented using the EVOLUTION tool developed by the Industrial University of Santander that allows simulations based on the principles of system dynamics. To build the system previously determined the dasometric parameters characterizing the forest and equations and mathematical expressions that enable project the dynamics of forests. In a second step the analysis and specification of requirements was made, identifying the needs, capabilities and features of the computer system to develop. The essential variables, their units and the set of equations that make up the mathematical model and entering the system is then defined. Different runs of the simulator and verification of the results was performed by analysis of changes in the diameter distribution, basal area and volume during the simulation.

Key words: Simulation model; Chaco Semiárido; Forests; Dynamic

¹ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av Belgrano (s) N° 1912 Santiago del Estero. E-mail: miturre@unse.edu.ar

² Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques son ecosistemas dinámicos en constante cambio. Para la toma de decisiones es necesario proyectar esos cambios. En general la planificación forestal se basa en valores promedio que generan *Tablas* de producción, construidas con datos de inventarios forestales. Sin embargo, es posible mejorar la toma de decisiones cuando se usan modelos de crecimiento que predicen el desarrollo de una masa forestal. Una herramienta adicional son los simuladores de crecimiento (Vargas *et al.*, 2008). Ofrecen una amplia gama de información adicional como la distribución de productos y parámetros estructurales (Diéguez-Aranda, 2004).

Mediante la simulación se puede predecir la dinámica del bosque (crecimiento, mortalidad, sucesión, regeneración) y estimar cual será el rendimiento, la estructura y la composición de especies.

En particular, cuando se estudian los bosques nativos del Chaco semiárido, existe una imposibilidad material de evaluar opciones en forma experimental debido al tiempo que conlleva la dinámica de estos sistemas.

En bosques regulares ese problema se resuelve mediante el uso de *Tablas* de producción basadas en modelos de rendimiento que estiman la producción en función de la edad. Por las características particulares de los bosques irregulares no es posible aplicar ese tipo de modelo, por lo que la simulación constituye una herramienta que puede ayudar en la solución de problemas de Ordenación de bosques irregulares.

La mayoría de los sistemas modernos de simulación tienen su origen en el desarrollo de *Tablas* de producción europeas del siglo XVIII, que derivaron después en modelos de crecimiento para predecir el manejo de bosques coetáneos el siglo pasado (Vargas *et al.*, 2008).

En el caso de bosques irregulares, también hubo un avance en su modelización desde los primeros modelos predictivos de Moser y Hall (1969). Desde entonces se han utilizado para predecir el crecimiento a nivel de árbol individual y de masa.

Simuladores de uso generalizado se han desarrollado en Europa y Estados Unidos, por ejemplo, Forest Vegetation Simulator (FVS) ampliamente aplicado en los Estados Unidos (Dixon, 2002; Salas, 2000). El sistema STAND (Pukkala y Miina, 2006) y BWINPro (Nagel, 1999), fueron aplicados por Vargas *et al.* (2008) en rodales irregulares y mixtos de la región de El Salto, Durango, México.

En bosques tropicales con el programa informático STANDPRO se simuló la evolución de rodales en Sarawak, Malasya, aplicando el concepto de tiempo de paso y cociente de De Liocourt (q) para predecir el movimiento de los árboles a través de las clases diamétricas.

El diámetro es la variable más usada en las decisiones de manejo de bosques irregulares. Por ello los modelos de distribuciones diamétricas se usan para proyectarlos según categorías de tamaño. Constituyen el método clásico para estimar el crecimiento y producción utilizando el incremento en diámetro de los árboles y otras variables referidas a la masa. La mortalidad, ingresos y la corta pueden ser analizados separadamente.

Para la aplicación del método se definen previamente las ecuaciones que estiman las variables y parámetros dasométricos y la forma en que se aplicarán.

Si bien existen estudios importantes sobre los bosques de la ecorregión del Gran Chaco Sudamericano la modelización del crecimiento y producción aún se encuentra en una etapa inicial, principalmente por la falta de inventarios forestales continuos en parcelas permanentes, por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar el Modelo de Simulación de Manejo Forestal (MOSIMAFO) y su aplicación para predecir como evolucionarían los parámetros de la masa en un bosque del Chaco Semiárido.

2. METODOLOGIA

El primer prototipo del (MOSIMAFO) se implementó utilizando la herramienta “Evolución” desarrollada por la Universidad Industrial de Santander, que permite realizar modelos de simulación basada en los principios de dinámica de sistemas (Trejo, 2003). Este software es un desarrollo colombiano llevado a cabo en el grupo SIMON de Investigación en Modelado y Simulación de la Universidad Industrial de Santander. Es una herramienta creada para la comunidad latinoamericana brindando la posibilidad y flexibilidad de adaptarla a las necesidades específicas de investigación y aplicación en la región (Sosa *et al.*, 2010).

El prototipo final de MOSIMAFO se construyó bajo el lenguaje de programación “Microsoft Visual FoxPro 5.0” el cual permite manipular un entorno visual para interfaces gráficas (Trejo, 2003). Es un sistema basado en un modelo de distribuciones diamétricas, determinístico y dinámico, en el que las variables no están condicionadas a funciones de probabilidad y se incluye la variable tiempo en la simulación (Olivares, 1977).

Las características del bosque se describen por los parámetros dasométricos obtenidos de un inventario forestal continuo en parcelas permanentes. Después de generar una distribución diamétrica virtual el modelo predice los cambios. Los resultados de las simulaciones se analizan como alternativas de las cuales se pueden obtener diferentes distribuciones de diámetros, de área basal y de volúmenes por clases diamétricas.

El Sistema MOSIMAFO requirió la determinación previa de los siguientes parámetros: reclutamiento (Ingresos) definido como el número de individuos que se incorporan a la población; crecimiento de los árboles; número de individuos muertos.

El modelo conceptual responde al principio de distribución balanceada de De Liocourt. En base a la constante q , diámetro mínimo de inventario, diámetro máximo de la distribución y crecimiento diamétrico, se define la distribución ideal que sirve de referencia para determinar la corta por clase diamétrica (Araujo, 2003).

El punto de partida de la simulación es la distribución diamétrica obtenida en el primer inventario del año 1996. Para el crecimiento de los árboles, el área basal y volumen, el simulador utiliza las ecuaciones de la *Tabla 1*.

Tabla 1. Parámetros y ecuaciones usadas en el cálculo del crecimiento, altura y volumen para las especies principales.

Parámetros	Ecuación	Especie	Autor
Crecimiento anual en diámetro	$y = 0,02 + 0,01 * DAP$	<i>A. quebracho blanco</i>	(Araujo <i>et al.</i> 2007)
	$y = 0,1212 + 0,0045 * DAP$	<i>S. lorentzii</i>	
Altura (ht)	$ht = 0,90 + 0,47 * DAP - 0,0049 * DAP^2$	<i>A. quebracho blanco</i>	(Araujo 2003)
	$ht = -5,77 + 5,50 * \ln DAP$	<i>S. lorentzii</i>	
Volumen (V)	$V = e^{(-10,97613 + 1,11062 * \ln(DAP^2 * ht))}$	<i>A. quebracho blanco</i>	(Araujo 2003)
	$V = 0,000033 * DAP^{2,3455} * ht^{0,68753}$	<i>S. lorentzii</i>	(Pece <i>et al.</i> 1997)

Los ingresos a la primera clase diamétrica se estimaron por un Tanto Anual de Promoción de Ingresos (TAI) (Tabla 2). En forma análoga se estimó la mortalidad, definiéndose un índice de condición de los árboles (Tabla 2) (Araujo 2003).

Tabla 2. Índices para la estimación de Ingresos y Mortalidad de la masa forestal.

Índices	Acrónimos
$TAI_{(\%)} = \frac{N_i}{N_{pc}} * n * 100$	TAI: tanto anual de ingresos en la primera clase N _i : número de individuos que ingresan en la clase N _{pc} : número de individuos de la primera clase diamétrica
$TAM_{(\%)} = \frac{N_{am}}{N_c} * n * 100$	TAM: tanto anual de árboles muertos N _{am} : número árboles que morirán en la clase N _c : número de árboles de la clase

En la etapa siguiente se efectuó el análisis y especificación de requisitos. Se identificaron las necesidades para determinar las funcionalidades y características del sistema informático. Se generaron las listas de requisitos y se refinaron para ser incluidos en el sistema (Tabla 3).

Tabla 3. Requisitos, entradas y salidas solicitadas al sistema.

Requisitos	Entrada	Proceso	Salida
Distribución diamétrica	- N° /clase actual - Ingresos - Crecimientos - Mortalidad - Tratamientos	Calcular según ecuaciones	Tabla N° de individuos por clase diamétrica
Gráfico de distribución diamétrica	- N° de Individuos por clase diamétrica	Generar informe gráfico	Histograma de distribución diamétrica
Área basal	- Marcas de clase - N° Individuos por clase diamétrica - Fórmula sumatoria de secciones normales	Generar informe gráfico	Gráfico de distribución del área basal
Gráfico de volumen	- Marcas de clase - N° de Individuos por clase diamétrica - Ecuación de volumen	Generar informe gráfico	Gráfico de distribución del volumen
Posibilidad de corta	- Distribución diamétrica observada - Distribución diamétrica objetivo (ideal)	Diferencia entre N° de individuos observados y distribución ideal. Calcular volumen de la diferencia.	Tabla de producción por clase diamétrica
Tratamientos Selvícolas <i>on-line</i> . (Cortas de mejora y de regeneración)	- N° de individuos cortados por clase diamétrica (%)	Reducir N° de individuos por clase según intensidad de corta. Generar nuevo resultado	Nueva Tabla de distribución diamétrica
Modificar Valores de Parámetros	- Nuevos valores de parámetros	Calcular parámetros y generar nuevo resultado	Nueva distribución diamétrica

La Figura 1 muestra la estructura inicial del sistema, en la que se observan las interrelaciones existentes entre las distintas variables. Para mantener un adecuado número de individuos por clase diamétrica, esta variable recibe la influencia de factores tales como ingresos o reclutamientos, la mortalidad, y el crecimiento.

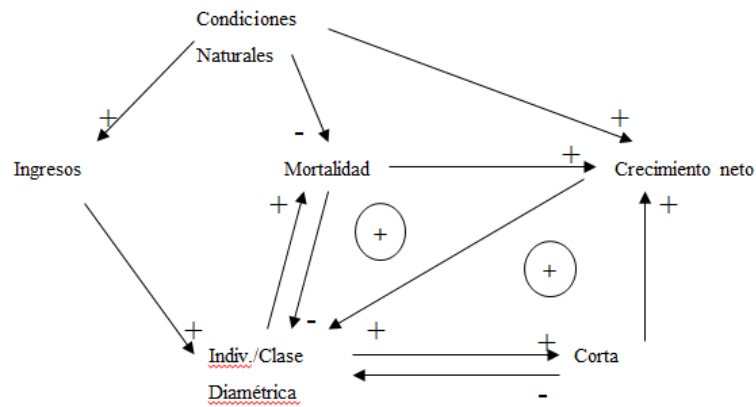


Figura 1. Diagrama causal del sistema forestal.

En el diagrama causal también pueden observarse los dos bucles de retroalimentación positiva donde interactúan la mortalidad y la corta, las cuales afectan el crecimiento y el número de individuos de la clase diamétrica.

La estructura lógica y los pasos que sigue el sistema se han representado gráficamente mediante el diagrama de Forrester (1961) (Figura 2).

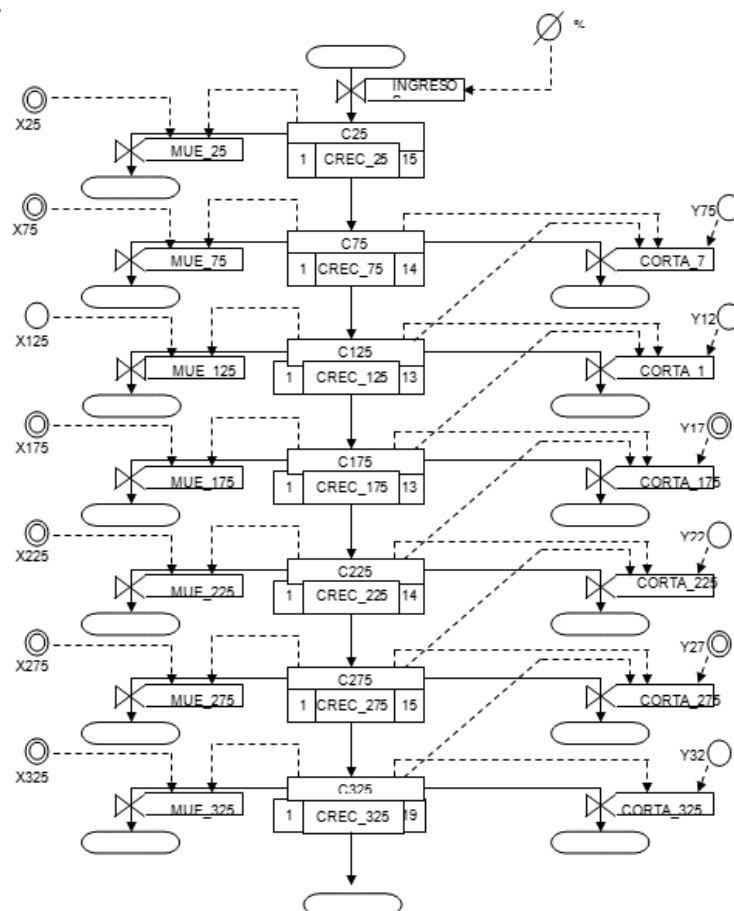


Figura 2. Diagrama de Forrester. Estructura y funcionalidad del modelo de simulación del crecimiento y producción (Trejo, 2003).

Por el sistema circulan dos tipos de flujos: de materiales (individuos) y de información. Las flechas “llenas” representan los flujos de material y las flechas “punteadas” los flujos de información.

En cada periodo ingresa una cantidad de individuos regulada por el parámetro REG (Ingresos). En la clase diamétrica de 7,5 cm los individuos se almacenan en el nivel C75 durante 15 años (número a la derecha en el recuadro del nivel). Desde esa clase diamétrica los individuos también pueden salir por muerte (MUE_75) regulada por un parámetro de muertes por año (X75) o por crecimiento.

En el diagrama las flechas “llenas” representan las dos opciones de salida de material (muerte o crecimiento). Las flechas punteadas indican que la válvula de mortalidad (MUE_75) necesita información del parámetro de muertes X75 (%) y de la cantidad de individuos que se encuentran en el nivel (C75) para calcular cuántos individuos morirán en ese periodo ($C75 \times X75$).

A partir de la siguiente clase de 12,5 cm el funcionamiento es el mismo con sus propios parámetros de crecimiento y porcentajes de muertes. Además se agrega otra opción de salida que es la corta. La válvula de corta (CORTA_75) necesita información sobre la cantidad de individuos en la clase C75, la cantidad de la clase siguiente (C125) y también sobre un parámetro de cantidad de individuos ideales (Y75) para la clase (C75). Con estos datos evalúa la ecuación correspondiente y determina si existen individuos cortables en este periodo.

El sistema funciona en todos los niveles, válvulas y parámetros, en forma simultánea y periodo por periodo. En la última clase (C35) después del crecimiento los individuos salen y van a parar a una “nube” que representa la salida del sistema.

Las variables, válvulas y niveles que componen el Diagrama de Forrester se expresaron en forma de ecuaciones matemáticas para simular su comportamiento a través del tiempo.

Las ecuaciones y fórmulas matemáticas que se aplican en el modelo para el cálculo de los parámetros REG, MUE, X, CREC, CORTA, Y, están descritas por Araujo (2003), Araujo *et al.* (2007) y Cid Lendines *et al.* (2013).

3. RESULTADOS

Se realizaron distintas ejecuciones demostrativas para evaluar el funcionamiento de válvulas y ecuaciones del modelo. Por razones de simplicidad y extensión del trabajo se tomaron los datos de la especie quebracho blanco.

En la Figura 3 se muestra la pantalla de ingreso de datos iniciales que debe realizar el usuario para ejecutar la simulación. El programa tiene la opción de almacenar distintas ejecuciones para ser re ejecutadas cuando el usuario lo requiera.

Figura 3. Parámetros ingresados al sistema para su validación.

La Figura 4 muestra la salida del sistema en el caso descrito en la figura anterior. Cada Línea en el gráfico representa el estado de las clases en cada tiempo de la simulación. Al ejecutar el simulador, se observa que la distribución diamétrica que se genera en cada año se aleja de la actual (1996) y de la ideal, lo cual ocurre por la baja cantidad de ingresos desde la regeneración natural.

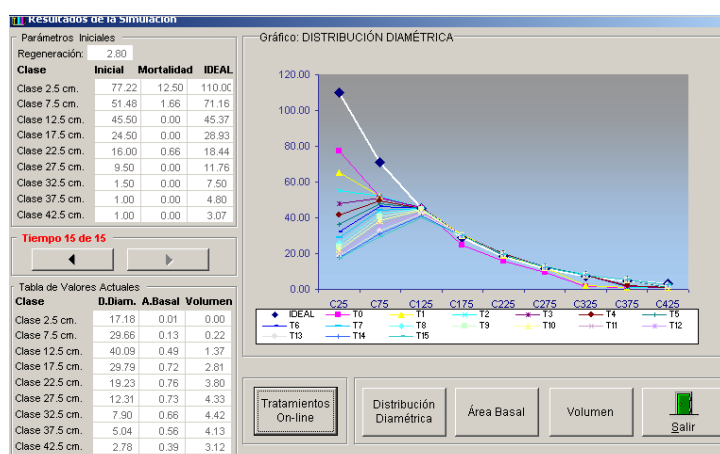


Figura 4. Cambios en la distribución diamétrica durante la simulación.

Con el objeto de ejemplificar un experimento de simulación, se efectuaron ejecuciones variando el parámetro Ingresos. Bajo la hipótesis de que ingresan 16,8 individuos por año, resulta una distribución (Figura 4) que tiende a la forma ideal en un período de 15 años.

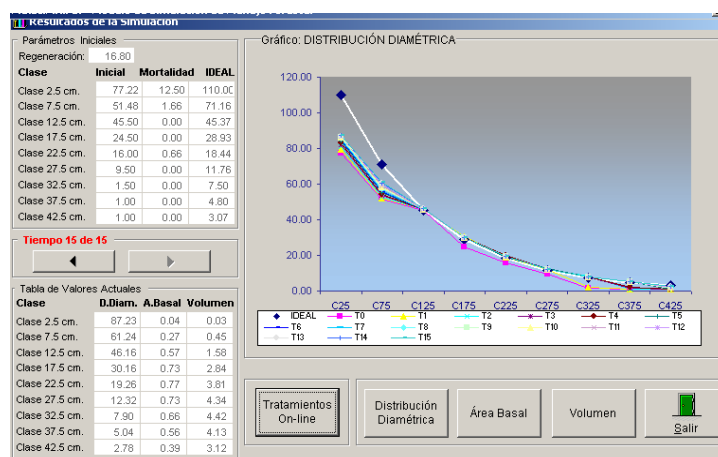


Figura 4. Cambios en la distribución diamétrica cuando varía el parámetro Ingresos.

El simulador también ofrece la posibilidad de visualizar y analizar la distribución del área basal y volumen con el mismo tipo de gráfico.

4. CONCLUSIONES

MOSIMAFO es un modelo de simulación en desarrollo que se puede ir perfeccionando a medida que se amplía la base de datos de las remediciones forestales, lo que permite contar con datos cada vez más confiables.

El sistema es una aplicación sencilla que permite predecir el valor de los parámetros dasométricos en un período de tiempo determinado.

La aplicación presentada es para un caso particular de estudio de la dinámica natural de un bosque chaqueño semiárido, pero tiene la suficiente flexibilidad para ser utilizado en otras situaciones.

Constituye una herramienta de ayuda en la toma de decisiones y también es una herramienta didáctica para la enseñanza de disciplinas como la Ordenación Forestal, Silvicultura, Dasometría.

Las salidas en forma de planillas y gráficos permiten al experto analizar y realizar modificaciones en los parámetros durante las ejecuciones, lo cual ayuda en la selección de la mejor alternativa. Esta elección no se hace en forma automática, sino que se deja por parte del profesional elegir en base a su experiencia y criterios técnicos propios.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Araujo, P. 2003. *Bases para la gestión sostenible de bosques en regeneración del chaco semiárido (Santiago del Estero, Argentina)*. Tesis Doctoral ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid. España. 161 p.
- Araujo, P. A.; M. Juárez de Galíndez y M. Iturre. 2007. Crecimiento de las especies principales de un bosque en regeneración del chaco santiagueño. *Quebracho* 14: 36-46.

- Cid Lendines, D.; M. Iturre; P. Araujo y C. Gonzalez Garcia 2013 Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo. *Quebracho* 21(1,2):115-120. ISSN 0328-0543.
- Diéguez-Aranda, U. 2004. *Modelo dinámico de crecimiento para masas de Pinus sylvestris L. procedentes de repoblación en Galicia*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Politécnica Superior, 240 p.
- Dixon, G. E. 2002. *Essential FVS: A User's Guide to the Forest Vegetation Simulator*. Internal Report, Fort Collins, CO. USA.
- Forrester, J. W. 1961. *Dinámica Industrial*. El Ateneo, Buenos Aires.
- Nagel, J. 1999. *Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Nordwestdeutschland. Schriften aus d. Forstl. Fak. D. Univ. Göttingen u. d. Nieders. Forstl. Vers., Band 128*, 122 p.
- Moser, J. W. and Hall, O. F. 1969 Deriving growth and yield functions for uneven-aged forest stands. *Forest Science* 15:183-188.
- Olivares, B. 1977 Modelos de simulación y su empleo en Manejo Forestal. *Revista Bosque* Vol. 2 (1): 32-40.
- Pece, M. G.; C. Gaillard y N. Ríos. 1997. *Tabla de volumen para quebracho colorado santiagueño (Schinopsis quebracho-colorado) utilizando el método de mínimos cuadrados ponderados*. *Quebracho* 3:41-50.
- Pukkala, T. and J. Miina. 2006 STAND: A Decision Support System for the Management of Even-Aged Stands in Finland. In Hasenauer, H. (Ed.) *Sustainable Forest Management, Growth Models for Europe*. Springer. Germany. 398 p.
- Salas, E. CH. 2000 *Uso y aplicación de un programa computacional visualizador de rodales*. Documento del curso de Inventario Forestal, Silvicultura II. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de la Frontera, Temuco. Chile, 45 p.
- Sosa, A. H. H.; E. J. L. Mercado; A. E. H. Cuadrado y A. J. M. Quintero 2010. Evolución: herramienta software para modelado y simulación con dinámica de sistemas. *Revista de Dinámica de Sistemas* 4 (1).
- Trejo, C. J. 2003. *Modelo de proceso de software aplicable en Ingeniería del Software y en Ingeniería del Conocimiento. Su validación en un modelo de simulación para el Manejo Forestal de Bosques en el Chaco Semiárido*. Trabajo Final de graduación. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. Universidad Nacional de Santiago del Estero, 151 p.
- Vargas, B. L.; J. R. Corral; F. C. Cruz; O. C. Aguirre y J. Nagel. 2008. Uso y aplicación de los simuladores de crecimiento forestal en la toma de decisiones silviculturales. *Revista Forestal Latinoamericana* 23(2):33-52.



NOTA TÉCNICA

Los aportes de la etnobotánica para la investigación en extensión forestal

Input from ethnobotany to the research in forest extension

Ayala, M.¹ y M. B. Enriquez²

Recibido en septiembre de 2016; aceptado en noviembre de 2017

RESUMEN

Con el objeto de recuperar y registrar los saberes de una comunidad Qom de Misión Laishí, Formosa, asociados al bosque nativo, se utilizan técnicas vinculadas a la etnobotánica, convirtiéndose de esta forma en una herramienta para el extensionista forestal que busca promocionar la revalorización de los saberes ancestrales respecto a los usos y aplicaciones de las especies. Mediante técnicas de etnobotánica, se realizan caminatas, talleres y entrevistas a informantes, alumnos y docentes de una escuela secundaria de Laguna Gobernador. Se indaga sobre las especies arbóreas y arbustivas utilizadas, sus usos o destinos más frecuentes, partes u órganos vegetales empleados, modos o formas de empleo más comunes y el valor social del bosque nativo. Los jóvenes participan de trabajos de campo, entrevistas grupales y talleres de valoración de especies de interés ancestral para su comunidad. Se determina que el “algarrobo blanco” (*Prosopis alba* Griseb) y la “palma caranday” (*Copernicia alba* Morong) son las especies de mayor valor para los Qom. El principal uso de la palma radica en el empleo de sus hojas para cestería y el consumo del algarrobo blanco para *aloja* y *añapa*. En cuanto a las especies arbustivas, su uso predominante tiene como destino la medicina tradicional. La Etnobotánica contribuye a diseñar estrategias de conservación y manejo sostenible de los ecosistemas, mediante la documentación de experiencias de manejo de grupos étnicos, por lo que aporta para el trabajo de investigación del extensionista forestal.

Palabras clave: Etnobotánica; Extensión forestal; Entrevista; Talleres; Trabajos de campo.

ABSTRACT

Ethnobotany-related techniques are used to retrieve and register the knowledge about the native forest of the Qom community Misión Laishí, in Formosa. Thus, they become a tool for the forest extensionist that seeks to promote the revaluation of such ancestral knowledge related to the uses and applications of the species. Using ethnobotanical techniques, walks, workshops and interviews are conducted with informants, students and teachers of a secondary school in Laguna Gobernador. The inquire involves the tree and shrub species used, their most frequent uses or destinations, plant parts or organs used, the most common modes or forms of employment, and the social value of the native forest. The youngsters participate in field work, group interviews and workshops that assess species of ancestral interest for their community. It is determined that both the “white carob tree” (*Prosopis alba* Griseb) and the “caranday palm” (*Copernicia alba* Morong) are the most valuable species for the Qom people. The main use of the palm involves its leaves for basketry and the consumption of the white carob tree for liquors referred to as *aloja* and *añapa*. As for shrub species, their predominant use is traditional medicine. Ethnobotany contributes to the design of strategies for the conservation and sustainable management of ecosystems, through the documentation of experiences of management of ethnic groups, for what it contributes to the research work of the forest extensionist.

Keys words: Ethnobotany; Forest extension; Interview; Workshops; Field work.

¹ Dra. Ms Sc Ing. Ftal.; Inv. Cat. II; Prof. Adj. a/c Sociología y Extensión Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa. E-mail: miryan_ayala@hotmail.com.

² Becaria EVC-CIN (Estimulo a las Vocaciones Científicas - Consejo Universitario Nacional). Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El problema

Desde su creación, la Etnobotánica se incorpora al ámbito antropológico y pasa a constituir una disciplina que se dedica al estudio del rol funcional del vegetal dentro de una cultura dada (Hurrell, 1987). Sus enfoques actuales enfatizan la implementación de proyectos interdisciplinarios, en los cuales se documenta el conocimiento tradicional y se crean estrategias para retribuir a las comunidades los beneficios obtenidos por la investigación. Por medio de ella se hacen aproximaciones acerca del uso y manejo que cada comunidad les da a las plantas, a través de una perspectiva histórica, regional y local; interpretando el conocimiento ancestral étnico-autóctono de personas o comunidades. Las diversas culturas poseen diferentes miradas acerca del conocimiento, cada una con realidades distintas, otras verdades, otras formas de conocer, manejar, utilizar, visualizar, percibir y soñar la naturaleza. Estos conocimientos se han transmitido de generación a generación, de pueblo a pueblo, de persona a persona (Angulo *et al.*, 2003).

El objeto de estudio de esta disciplina es la forma en que las plantas son utilizadas por el hombre, así como las técnicas que de ello se derivan hasta integrarlas en su patrimonio cultural (Fernández Honores y Rodríguez, 2007). De allí su aporte para la investigación en Extensión Forestal, proceso educativo que tiene como finalidad el desarrollo de las comunidades en su vínculo con los bosques nativos o las plantaciones forestales. Los conocimientos tradicionales se reflejan en el manejo de la tierra, la práctica de la agricultura, la utilización de los recursos, como así también en la relación del hombre con la naturaleza, su forma de vida, sus creencias y prácticas espirituales, que se ponen de manifiesto mediante técnicas de investigación propias de la Etnobotánica. Por lo expuesto, es necesario rescatar algunas técnicas de extensión forestal vinculadas con la etnobotánica de campo, es decir el qué y cómo hacer para acercarse y conversar con la gente, llevando consigo una inversión de roles, donde las personas que no pertenecen al lugar tienen mucho que aprender de las ideas de los locales y es una excusa para conectarse con los abuelos y padres de la comunidad (Cunningham, 2001).

1.2. El objetivo

El objetivo de este trabajo es la recuperación y el registro de los saberes de una comunidad que se asocian al bosque nativo, mediante técnicas vinculadas a la etnobotánica, convirtiéndose de esta forma en una herramienta para el extensionista forestal que busca promocionar la revalorización de los saberes ancestrales de la comunidad Qom respecto a los usos y aplicaciones de las especies. Para ello el extensionista debe estar preparado desde una formación conceptual y con capacidades para la implementación de técnicas adecuadas para guiar las actividades a llevarse a cabo en cada etapa (Rivas, 1994), una estrategia, para sistematizar las experiencias del extensionista y promover la investigación en extensión.

Esto se logró mediante las entrevistas implementada en las caminatas etnobotánicas llevadas a cabo durante el trabajo de campo, donde se identificaron y recolectaron muestras para herborizar, o durante los talleres realizados en el ámbito escolar, entre los diferentes grupos de informantes – alumnos y docentes- pertenecientes a la Escuela Intercultural Bilingüe N° 9 de una Comunidad Originaria Toba de Misión Laishí (Formosa).

Esta nota técnica no pretende ser un artículo científico clásico, sino resaltar el aporte de la etnobotánica para la investigación en extensión forestal, rescatadas desde la experiencia de trabajos conjuntos con una escuela en una colonia aborígen denominada Laguna Gobernador.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La escuela secundaria EIB de Misión Laishí - Formosa, está ubicada en la Colonia Aborigen Laguna Gobernador - Departamento Laishí (Figura 1), a unos 60 Km de la ciudad capital.



Figura 1. Ubicación de Laishí (Formosa).

Fuente: Fuente: www.formosa-web.com

La comunidad aborigen de Laguna Gobernador está integrada por aproximadamente 250 personas, según datos proporcionados por el Instituto de Comunidades Aborígenes (ICA) en el año 2015, siendo la más numerosa de las cinco Colonias que rodean el pueblo de Misión Laishí. El pueblo Toba-Qom, basaba su economía principalmente en la caza, pesca y recolección. Utilizaban arcos, flechas y boleadoras en la caza de animales silvestres, como ciervos, carpinchos, guazunchos, ñandúes, tapires, etc., pescaban con redes y flechas, y recolectaban frutos silvestres. Era costumbre de la comunidad hacer una gran fiesta en el momento de maduración de las vainas de algarrobo, para que los espíritus les conservaran siempre el alimento. Creían en los “espíritus cuidadores” de los animales, que custodiaban que los hombres no cacen más de la cuenta. Las colonias Qom situadas en Misión Laishí, tienen sus orígenes alrededor del año 1988, cuando el Padre Ventura vio la necesidad de mensurar los campos con el objetivo de “levantar un pueblo” en el que puedan vivir. Es así que se obtiene la propiedad comunitaria para las tres colonias que componen la comunidad en estudio.

2.2. Metodología de trabajo

Los métodos adecuados según Cunningham A. (2002) se eligen según el caso abordado y los objetivos perseguidos. En el trabajo con los docentes y alumnos de la escuela, se realizan entrevistas semiestructuradas, caminatas para reconocimiento del terreno y recolección de muestras y finalmente talleres para promover la discusión grupal para el intercambio y rescate de saberes. Durante los trabajos de campo, caminatas etnobotánicas, se realiza una evaluación rápida de la composición florística del lugar, se identifican y recolectan especies de interés para los tobas y se trabaja en el terreno con la población local. Con cada muestra colectada se confecciona una ficha con la identificación de la especie con su nombre científico, nombre vulgar, nombre Qom y sus aplicaciones o utilidades (Figura 2).

Además, se emplean libretas de campo cuya información se sistematiza en archivos Word y las fotografías tomadas en cada salida, guardadas en carpetas convenientemente identificadas.

Tanto las fichas como los resultados de las encuestas son presentados en Talleres de Devolución (Figura 3) a alumnos y docentes, para contribuir a la motivación para recuperar y revalorizar los saberes vinculados al bosque nativo. En estos talleres se rescatan conocimientos sobre el paisaje, el estado actual de los bosques nativos y las especies que poseen, mediante técnicas participativas, a través de elementos disparadores como ser leyendas o historias asociadas a determinadas especies de interés como el algarrobo (*Prosopis alba Griseb*). De esta manera se revalorizan los recursos existentes, la utilidad y el significado de los mismos para la comunidad.



Figura 2. Trabajo de campo-caminata etnobotánica
Ayala (2012)



Figura 3. Talleres participativos con alumnos
(Ayala, 2014)

3. RESULTADOS

Durante las visitas y encuentros realizados entre los docentes y alumnos de la EIB N° 9 y los alumnos de la Cátedra, se promueve la revalorización del bosque como espacio proveedor de productos maderables y no maderables de valor social, económico y ecológico.

Se identifican las especies nativas más importantes para la comunidad y se confeccionan fichas que contienen: descripción botánica, usos y aplicaciones más importantes. Se agregan a cada ficha, fotografías del porte completo de la especie y de sus partes como: hojas, flores y/o frutos.

Las fotografías son tomadas, en su mayoría, por los alumnos durante las caminatas (Figura 2) donde se reconocen las especies y sus usos más importantes.

Las entrevistas, una de las técnicas de registro de la información empleada en etnobotánica, juega un papel importante para conocer la historia de la comunidad, sus costumbres, vivencias y tradiciones, por lo que, éstas nos invitan a apreciar el valor de este instrumento de recolección de la información en los procesos de investigación en extensión forestal. Por ejemplo, en la entrevista realizada al profesor de Cultura, integrante de la comunidad Toba de la Escuela Intercultural Bilingüe de la Colonia Laguna Gobernador (Misión Laishí - Formosa), puede deducirse los cambios ocurridos en el paisaje y sus efectos sobre la vida de la comunidad, a partir de la lectura de las siguientes expresiones:

...la comunidad no está ajena a la escasez de los recursos naturales, del agua, del monte, porque hoy todo está muy degradado.

Siguió manifestando el profesor, con respecto al paisaje y sus efectos sobre la comunidad:

...y eso influye mucho en la cultura misma, porque ya no se practica lo que se hacía antes...Hoy por hoy para conseguir un recurso se tienen que hacer varios kilómetros y eso juega en contra para sostener la cultura y la costumbre que nosotros tenemos.

Al ser consultados los docentes respecto a cuáles son las especies más consumidas o utilizadas por las familias de sus alumnos, manifestaron lo siguiente:

...los alumnos y sus familias utilizan principalmente el algarrobo, tenemos otros frutos que se consiguen También del monte nativo que también se consumen, ya no en proporciones muy importantes, pero si se siguen utilizando en la medida que se consiga el recurso dentro del bosque.

Consultados sobre el impacto que tiene los cambios en el paisaje sobre las familias de los alumnos, expresaron:

...si bien los Tobas históricamente son cazadores, recolectores...ya les queda muy poco, los recursos escasean, los espacios son limitados, entonces se pierde esa costumbre, ese modo de vida. Además también la mayoría ya tienen sueldo, tienen casas en el pueblo, entonces esa costumbre se va perdiendo.

De esta forma, la entrevista como resultado de la interacción entre entrevistador y entrevistado es una creación colectiva porque no es una conversación espontánea sino una situación artificial, donde el entrevistador busca información para su investigación y el entrevistado de alguna manera busca hacer pública su historia y sus puntos de vista (De Garay, 1999).

Los jóvenes participan de entrevistas en grupos en el seno de talleres de valoración de especies de interés y producto del trabajo conjunto se construye la siguiente tabla que resume el uso de las especies arbóreas:

Tabla 1. Usos maderables y no maderables de las principales especies arbóreas del bosque nativo

Especie (nombre común)	Nombre Qom	Nombre científico	Familia	Usos
Palma	Chaiq	<i>Copernicia alba</i> Morong	Arecaceae	Artesanías. Tejas. Postes. Construcciones rurales
Guayacán	Valagañeq	<i>Caesalpinia Paraguariensis</i> (D. Parodi) Burkart	Fabaceae	Postes. Leña.
Lapacho	Aiaclaé	<i>Handroanthus Heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Bignoniaceae	Postes. Leña.
Urunday	Ataq	<i>Astronium balansae</i> Engl	Anacardiaceae	Leña.
Algarrobo	Mapic	<i>Prosopis alba</i> Griseb	Fabaceae	Construcciones rurales. Alimenticio
Francisco Álvarez	Naschecq	<i>Luehea divaricata</i> Mart	Tiliaceae	Postes. Leña.
Quebracho colorado	Cotpic	<i>Schinopsis balansae</i> Engl	Anacardiaceae	Construcciones rurales. Leña
Ceibo rosado	Naeñeq	<i>Erythrina dominguezii</i> Hassl.	Fabaceae	Construcciones rurales. Leña

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas realizadas durante los talleres. Enriquez B.; Tasuri J.; Ayala M. (2015)

4. CONCLUSIÓN

El extensionista forestal es un agente de cambio, cuyo objeto de intervención es el bosque nativo, por un lado, y las plantaciones forestales por otro. A través del trabajo de campo, se observa que la gran mayoría de las especies, dentro de la comunidad Qom, tienen usos que corresponden a la medicina tradicional, pero también se emplean para la elaboración de artesanías. Puede apreciarse que los pueblos Qom han realizado un uso ancestral y tradicional de los bosques nativos, los valores dados a las especies están referidos al uso que pueden hacer de los mismos para su supervivencia y mantenimiento de su cultura.

De esta forma la historia, apoyada en entrevistas y observaciones, sirve para sistematizar la valoración que realiza la comunidad de las diferentes especies del bosque nativo, que forman parte de su cultura.

Este trabajo permite al extensionista forestal llevar a la práctica su tarea de investigación, que culminará con la implementación de estrategias proactivas de intervención que valore el vínculo del grupo con el bosque o las plantaciones forestales.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, E; R. H. Quiñónez Barco; C. Lobo; S. Arboleda y C. Asprilla. 2003. Conocimiento: Mirada occidental vs otras miradas etnociencias. *Boletín Etnociencias*. [en línea] 00: 4-12. Disponible en: <<http://www.etnomatematica.org/articulos/BEtnociencias.pdf>> .
- Cunningham, A. B. 2001. *Etnobotánica aplicada. Pueblos, uso de plantas silvestres y conservación*. Ed. Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay.
- Cunningham, A. B. 2002. *Etnobotánica aplicada: pueblos, uso y conservación de plantas silvestres*. Manuales de conservación. Serie Plantas y gente. WWf-UNESCO. Edic. Nordan-Comunidad. Montevideo.
- D' Ambrosio, U. 1999. *Las ideas fundamentales de soporte al programa de etnomatemática*. Primer Congreso Internacional de Etnomatemática. Granada, España.
- De Garay, G. 1999. La entrevista de historia oral: ¿monólogo o conversación? *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. [en línea]. 1(1): 1-10. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15501107>>
- Fernández Honores, A. y E. F. Rodríguez. 2007. *Etnobotánica del Perú Pre-hispano. Herbarium Truxillense*. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 256 p.
- Grele, R. 1989. La historia oral y sus lenguajes en la entrevista de Historia Oral: ¿Quién contesta a las preguntas de quién y por qué? *Historia y Fuente Oral, Barcelona*. Pp. 111-29.
- Hurrell, J. A. 1987. Las posibilidades de la etnobotánica y un nuevo enfoque a partir de la ecología y su propuesta cibernética. *Revista Española de Antropología Americana*, nro. xvii. Ed. Univ. coni. Madrid, España.
- MEN. Ministerio de Educación Nacional. 2000. *Lineamientos para la Cátedra de Estudios Afrocolombianos*. Bogotá D.C.
- Rivas, C. 1994. *La extensión forestal: avances y perspectivas en América Central*. Proyecto de disseminación de cultivos de árboles de uso múltiple. Costa Rica. 230 p.



TRABAJO CIENTÍFICO

Propagación in vitro de tres especies del género *Paulownia* bajo el sistema de propagación convencional

In vitro propagation of tree species of the Paulownia genus under the conventional propagation system

Ramos Veintimilla, R. A.¹; A. M. Cárdenas Rubio²; R. R. Vera Vélez³; J. R. Limongi Andrade⁴ y J. E. Grijalva Olmedo⁵

Recibido en marzo de 2017; aceptado en septiembre de 2017

RESUMEN

El propósito de la investigación consistió en evaluar un método de propagación mediante organogénesis directa, para facilitar el establecimiento, multiplicación, enraizamiento y aclimatación de plantas de *Paulownia* con fines de propagación a gran escala. Este protocolo se evaluó en *Paulownia elongata*, *P. fortunei* y un híbrido (*Paulownia fortunei* x *elongata*) bajo el sistema convencional a partir de yemas. Se ejecutaron cuatro fases: (1) desinfección *in vitro*, tres protocolos de desinfección y dos medios de cultivo para introducción, (2) multiplicación *in vitro* con cuatro medios de cultivo para multiplicación, (3) enraizamiento *in vitro* con tres medios de cultivo semisólidos con base en diferentes dosis de hormonas auxinas y citoquininas, y (4) aclimatación, en la que se evaluaron dos sustratos. La desinfección más efectiva se logró mediante el protocolo compuesto por fungicidas/bactericidas + PVP + NaClO + ácido ascórbico + tween 20. Un alto índice de multiplicación (17 y 20 segmentos nodales) se logró con las tres dosis de hormonas evaluadas, en contraste al medio de cultivo M&S suplementado con 0,05 mg L⁻¹ de ANA+2 mg L⁻¹ de BAP, que presentó menos de 15 segmentos nodales. El mejor medio de cultivo para enraizamiento fue M&S suplementado con 0,4 mg L⁻¹ IBA durante 30 días. El sustrato compuesto por pomina y tierra negra (1:1) permitió un 100 % de supervivencia y una mayor altura de planta. En conclusión, la propagación *in vitro* bajo el sistema convencional podría ser utilizada para la multiplicación masiva de estas especies forestales.

Palabras clave: Multiplicación asexual; Fitohormonas; Medios de cultivo; Explantes; Desinfección; Aclimatación de plantines.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate an *in vitro* propagation method from buds of *Paulownia elongata*, *P. fortunei*, and the hybrid (*Paulownia fortunei* x *elongata*) through direct organogenesis in order to facilitate the establishment, propagation, rooting, and acclimatization of *Paulownia*'s seedlings for large-scale production purposes. Four phases were executed: (1) introduction and *in vitro* disinfection with three procedures and two culture medium types, (2) *in vitro* propagation with four culture media for multiplication, (3) *in vitro* rooting with three semisolid culture media based on different doses of auxins and cytokinins, and (4) acclimatization in which the response to 2 substrates under greenhouse conditions were evaluated. The most effective disinfection was achieved with the protocol involving fungicides/bactericides + PVP + hypochlorite sodium + ascorbic acid + tween 20. The highest propagation index (17 to 20 nodal segments) was achieved with the three hormones doses investigated; however, the M&S culture type supplemented by 0.05 mg L⁻¹ of ANA and 2 mg L⁻¹ of BAP, showed just 15 nodal segments. The most effective rooting method was M&S with 0.4 mg L⁻¹ IBA. The substrate composed of pomina and black soil (1:1) allowed 100 % of seedling survival and the highest plant height. In conclusion, *in vitro* propagation under the conventional system could be used for massive multiplication of these forest species.

Keywords: Asexual propagation; Phytohormones; Culture media; Explants; Disinfection; Seedling acclimatization.

¹ Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur km 1 ½. Riobamba, Ecuador. E-mail: raul.ramos@esPOCH.edu.ec

² Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Panamericana Sur km 1. Quito, Ecuador.

³ Department of Biology, 112 Science Place, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK S7N 5E2 – Canada.

⁴ Estación Experimental Portoviejo, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Km 12 Vía Santa Ana. Portoviejo, Ecuador.

⁵ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Jerónimo Leyton y Gato Sobral, Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador continental, tradicionalmente se explotan plantaciones con algunas especies forestales nativas e introducidas, principalmente balsa - *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., pachaco - *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, melina - *Gmelina arborea* Roxb., laurel - *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham., eucalipto - *Eucalyptus globulus* Labill., *E. urophylla* S.T. Blake X *E. grandis* W. Mill ex Maiden, *E. saligna* Sm. y pino - *Pinus radiata* D. Don, *P. patula* Schltdl. & Cham.; sin embargo, el aprovechamiento intensivo de esas especies han provocado erosión de su reducida base genética, cuyos individuos sobresalientes se han tornado cada vez más escasos para cubrir la demanda interna y externa de madera de aserrío, industrial o energía de biomasa (MAE, 2010; MAGAP, 2013, Delgado y Játiva, 2010; Grijalva et al., 2016; Limongi et al., 2011; Lascano, 2008; Palacios et al., 2011; Prado et al., 2010). Lo expuesto, ha obligado a poner en agenda la necesidad de buscar nuevas especies forestales con atributos de crecimiento rápido, como potenciales alternativas para contribuir a las crecientes demandas forestales del país.

Paulownia es un género forestal perteneciente a la familia *Paulowniaceae* (García-Lahera, 2010). Nueve especies de este género son originarias de China, a excepción de *P. fortunei* (Seem.) Hemsl, que se extienden hasta Vietnam y Laos, mientras que *P. tomentosa* (Thunb.) Steud crece en Corea y Japón (Zhu et al., 1986). De estas, las especies más utilizadas para proyectos forestales son *P. elongata* S. Y. Hu, *P. fortunei* y *P. kawakamii* T. Itô en razón de sus características de crecimiento rápido (Lucas et al., 2010). En sitios adecuados, un árbol de diez años de edad puede alcanzar volúmenes aproximados de 4.0-4.5 m³, con crecimientos anuales en DAP de 3 a 4 cm (Zhu et al., 1986; Lucas et al., 2010). Tales atributos, a decir de varios autores, se manifiestan en la excelente calidad y belleza de su madera, su considerable producción de biomasa y capacidad de fijación de CO₂, potencial de aprovechamiento del follaje para el ganado, y también para programas de reforestación de tierras abandonadas y/o degradadas, además de sus atributos ornamentales (Wayne y Donald, 2004).

Paulownia se propaga normalmente por semilla que tiene un periodo de dormancia, característica que da lugar a una alta heterogeneidad en una plantación (Castellanos et al., 2006) y a problemas en su manejo silvicultural (Bergmann y Moon, 1997). Para enfrentar esas limitantes, hoy en día se utiliza la propagación clonal que consiste en clonar plantas con características superiores para obtener rodales homogéneos y abastecer una producción forestal de mayor escala. Este tipo de multiplicación utiliza diversos tejidos con objetivos distintos, los segmentos foliares e internodales son utilizados como explantes para embriogénesis somática indirecta (Castillo et al., 2012). Trabajos realizados con *P. elongata* han reportado promedios de 50.7 embriones somáticos (Ipekci y Gozukirmizi, 2003). Por otra parte, los tejidos más utilizados para la multiplicación clonal son los ápices o yemas axilares en especies tales como *P. catalpifolia* T. Gong ex D.Y. Hong (Song et al., 1990), *P. tomentosa* (Rout et al., 2001) y *P. fortunei* (Sharma et al., 2003). Varios autores han demostrado la propagación in vitro de *P. tomentosa* mediante regeneración de brotes (Rao et al., 1993) y la multiplicación masiva de *P. elongata* a través de cultivos nodales y brotes axilares (Bergmann y Whetten, 1998; Ipekci et al., 2001; Lobna et al., 2008).

Adicionalmente, es notable el éxito de la regeneración in vitro que ha permitido controlar algunos factores tales como: los antecedentes genéticos, tipos de tejidos y explantes, componentes nutricionales, condiciones ambientales, conservación de tejidos madre, reguladores de crecimiento (Ozaslan et al., 2005). El género *Paulownia* se ha utilizado para evaluar sistemas de micropropagación, sin embargo no se reportan protocolos in vitro que permitan obtener altos índices de multiplicación clonal para producir plántulas aclimatadas y listas para ser establecidas en terreno. En el país, tampoco se reportan antecedentes de investigación con cultivo de tejidos aplicados al género *Paulownia* (Grijalva et al., 2016), por cuya razón el propósito de esta investigación fue evaluar un método de propagación mediante organogénesis directa, para facilitar el establecimiento, multiplicación, enraizamiento y aclimatación de plantas de *Paulownia*, con fines de propagación a gran escala.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio e invernadero del Departamento de Biotecnología de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, Ecuador.

Material vegetal

Cuarenta y cinco plantas jóvenes, de aproximadamente 30 cm de altura en promedio, de las especies *Paulownia elongata*, *P. fortunei*, y el híbrido (*P. elongata* x *P. fortunei*) fueron importadas del World Paulownia Institute (Instituto Mundial de la *Paulownia*) localizado en Georgia, Estados Unidos. Estas plantas fueron trasplantadas a fundas con una mezcla de tierra y turba (1:1) previamente esterilizada con Benlate 1g L⁻¹ de agua. En esta etapa de pre-adaptación permanecieron por 4 semanas bajo condiciones reguladas de temperatura (25±2 °C), humedad relativa (80 %) y manejo con riego (100 ml planta⁻¹ dos veces por semana) y controles fitosanitarios con Carbendazin en aplicaciones cada 8 días.

Preparación de explantes

Sesenta segmentos nodales, que consisten en yemas axilares y apicales de 1.5 a 3.0 cm de longitud, de las plantas de cada especie ($n=180$) fueron seleccionados, cortados y sumergidos en tres soluciones distintas. Una primera solución compuesta de agua con detergente para eliminar posibles contaminantes como polvo y corteza. La segunda solución compuesta de povidyn jabón, tween 20 y agua destilada en agitación por 10 minutos. La tercera solución con povidyn 1 % y agua destilada con agitación durante 10 minutos a 70 revoluciones por minuto (RPM). Finalmente, todo el material fue lavado con agua destilada estéril en agitación constante durante 10 minutos a 70 RPM.

Etapas de desinfección

La desinfección se basó en el procedimiento de Castillo *et al.* (2012), Ipekci *et al.*, (2001) y Ramírez *et al.*, (2001). Para ello, tres grupos de 20 explantes por cada especie del género *Paulownia* fueron separados. Cada grupo fue expuesto a los diferentes tratamientos de desinfección descritos en la tabla 1. Posteriormente, los desinfectantes fueron removidos de los segmentos nodales realizando tres enjuagues con agua destilada estéril. Adicionalmente, los medios de cultivo fueron elaborados según el procedimiento descrito por M&S (Murashige y Skoog, 1962). De los grupos previamente formados en el procedimiento de desinfección, los explantes fueron subdivididos en grupos de 10 por especie. Posteriormente fueron colocados en los dos tipos de medios de cultivo (Tabla 1) y almacenados por 4 semanas bajo condiciones controladas de temperatura (27 ±1 °C) y luminosidad (16 horas luz⁻¹ día⁻¹).

Etapas de multiplicación

Esta etapa consistió en evaluar el efecto de 4 medios de cultivo especializados para multiplicación sobre el desarrollo de los segmentos nodales desinfectados en la etapa anterior. Estos medios se basaron en diferentes dosis de hormonas ANA y BAP (Tabla 1) y fueron elaborados según el procedimiento descrito por (Murashige y Skoog, 1962). En cada medio de cultivo, se colocaron 10 explantes seleccionados de la etapa anterior y completamente libres de contaminantes. Finalmente, los tratamientos fueron almacenados por 4 semanas, bajo condiciones controladas (27 ±1 °C) y luminosidad (16 horas luz⁻¹ día⁻¹).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados en la evaluación del protocolo para multiplicación in vitro de las tres especies del género *Paulownia* con fines de propagación a gran escala.

<i>Etapa de desinfección</i>	
Método de desinfección	
M1:	Alcohol 70 % (v/v) + agitación 30s (70 rpm) + NaClO 1 % (v/v) 10 min
M2:	Alcohol 70 % (v/v) + agitación 60s (70 rpm) + NaClO 4 % (v/v) 2 min
M3:	Povidine 1 % + H ₂ O en agitación 10 min (70 rpm) + benomilo 1 g L ⁻¹ + CuSO ₄ · 5H ₂ O 1 % + Polivinilpirrolidona (PVP) 3 g L ⁻¹ + Rifampicina 0,50 mL L ⁻¹ en agitación 1h (70 rpm) + NaClO 1 % + ácido ascórbico 100 mg L ⁻¹ + tween 20 2 gotas 10 min.
Medio de cultivo	
MC1:	M&S + auxinas (ANA) 0,10 mg L ⁻¹ y citoquininas (BAP) 1 mg L ⁻¹
MC2:	M&S
<i>Etapa de multiplicación</i>	
Medio de cultivo para multiplicación	
MC1:	M&S + ANA (0 mg L ⁻¹) + BAP (0,20 mg L ⁻¹)
MC2:	M&S + ANA (0,05 mg L ⁻¹) + BAP (2 mg L ⁻¹)
MC3:	M&S + ANA (0,1 mg L ⁻¹) + BAP (1 mg L ⁻¹)
MC4:	M&S + ANA (0,20 mg L ⁻¹) + BAP (4 mg L ⁻¹)
<i>Etapa de enraizamiento</i>	
Medio de cultivo para enraizamiento	
MC1:	M&S + ANA (0,20 mg L ⁻¹) + IBA (0,4 mg L ⁻¹)
MC2:	M&S + IBA (0,4 mg L ⁻¹)
MC3:	M&S + IBA (1,5 mg L ⁻¹)
<i>Etapa de aclimatación</i>	
Sustrato para vivero	
S1:	turba 80 % + perlita 10 % + vermiculita 10 %
S2:	pomina 50 % y tierra negra 50 %

Fase de enraizamiento

Esta etapa consistió en evaluar el efecto de tres medios de cultivo semisólidos, especializados para enraizamiento sobre el desarrollo de las raíces de segmentos nodales, seleccionados de la etapa de multiplicación. Estos medios fueron basados en diferentes dosis de hormonas IBA y ANA (Tabla 1) y fueron elaborados según los procedimientos descritos por Castillo *et al.*, (2012), Bergmann y Moon, (1997) y Castellanos *et al.*, (2006). En cada medio de cultivo, se colocaron 10 explantes seleccionados de la etapa anterior. Los tratamientos fueron almacenados por cuatro semanas bajo las mismas condiciones de temperatura y fotoperiodo.

Fase de aclimatación

Esta etapa consistió en evaluar el efecto de dos sustratos distintos sobre el establecimiento de plántulas de las tres especies del género *Paulownia* seleccionadas de la fase anterior, bajo condiciones de invernadero (Tabla 1). Ambos sustratos fueron esterilizados en autoclave en doble funda durante 30 minutos. Luego, fueron mezclados con agua destilada y finalmente, fueron colocados en macetas previamente desinfectadas con sablón diluido. Adicionalmente, las raíces de 10 plantas por cada especie, seleccionadas de la fase anterior, fueron lavadas con agua tibia estéril para retirar el residuo del medio de enraizamiento y posteriormente fueron colocadas en las macetas con cada sustrato. Las plantas fueron tapadas con un vaso plástico transparente con agujero en la parte superior, y permanecieron en el invernadero por 45 días. En esta fase se realizó riego dos veces por semana y se aplicó fertilizante complejo (11 % N, 5 % P, 5 % K, 0.04 % Cu, 0.04 % Mn y 0.04 % Zn) cada siete días utilizando en dosis de 1 g L⁻¹ de agua.

Registro de datos

Las variables evaluadas fueron agrupadas de acuerdo a las cuatro fases de investigación. En la primera etapa, la contaminación, oxidación, brotación y longitud del brote fueron registradas. Para la contaminación, la presencia o ausencia de micelio de hongos o colonias bacterianas en los explantes y en el medio de cultivo fue registrado a los 15 días. Se calificó con 0 la ausencia total de contaminación y con 1 la presencia de vitropatógenos. También se registró la oxidación en los explantes a los 15 días con 0 la ausencia y con 1 la presencia de oxidación. En brotación, la aparición de yemas fue registrada a los 30 días. Esta variable también fue representada como la ausencia o presencia en cada observación. La longitud del brote fue evaluada a los 30 días. El crecimiento de los brotes fue determinado mediante la medición desde la base del brote hasta el punto más alto de cada segmento nodal. En la segunda fase, la altura de los brotes y el número de segmentos nodales fueron registrados a los 30 días. La altura de los brotes fue medida en centímetros desde la base del tallo hasta la yema terminal, mientras que el número de nudos fue contabilizado. Para la tercera fase, la altura de los brotes, la longitud y el número de raíces fueron registrados a los 30 días. La longitud de raíces fue medida en centímetros desde la base del tallo hasta la terminación de la raíz, mientras que el número de raíces fue contabilizado. El procedimiento de medición de la altura de los brotes fue el mismo que la anterior fase. En la última fase, la longitud de la planta fue registrada a los 30 días, en la cual se siguió el mismo procedimiento de medición que las anteriores fases.

Análisis de los datos

El análisis estadístico se realizó por fases de investigación y tipo de variable. En variables de tipo binomial, tales como: brotación, contaminación y oxidación, un modelo lineal generalizado (MLG) fue aplicado con distribución binomial y función de enlace *logit*. La variable respuesta se identificó como número de explantes en brotación, contaminados y oxidados respectivamente. Dado que el número de observaciones por cada tratamiento fue de 10 (diez segmentos nodales), la respuesta pudo variar entre 0 y 10, se asumió que la respuesta en estas tres variables era independiente del contenedor (tubo de ensayo) utilizado, entonces la variable de respuesta sigue una distribución binomial con parámetros: π desconocido y $n=10$, por lo que las 10 observaciones fueron ingresadas en el análisis. Para aquellas variables que resultaron significativas en el MLG ($p<0,05$), se aplicó la prueba de diferenciación de medias DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002). Para las variables continuas: longitud del brote, número de raíces, longitud de raíces y número de nudos, un análisis de la varianza fue aplicado (ANOVA). A las variables que resultaron con significación estadística ($p<0,05$) se aplicó la prueba de diferenciación de medias de LSD de Fisher. Las variables número de raíces y número de nudos y longitud de brotes en la fase de enraizamiento, fueron transformadas con logaritmo natural para alcanzar homogeneidad de varianzas y normalidad en los residuos. El análisis se realizó en el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapas de desinfección

El porcentaje de oxidación en los explantes varió entre 0 y 50 %. Los métodos de desinfección 2 y 3 fueron significativamente menores en porcentaje de oxidación en *P. fortunei* y el híbrido (*P. fortunei* x *P. elongata*), mientras que la respuesta fue similar entre los medios de cultivo con y sin hormonas (Fig. 1 a, b, c). Similares resultados fueron encontrados en el porcentaje de contaminación por vitropatógenos, donde los valores oscilaron entre 0 y 60 % con resultados significativos para las mismas dos especies. En esta variable, los menores valores fueron encontrados con el método de desinfección 3 compuesto por fungicidas/bactericidas

+PVP +NaClO +ácido ascórbico +tween 20 independientemente del contenido de hormonas en el medio de cultivo (Fig. 1 d, e, f). Por otra parte, el número de explantes con brotes varió entre 2 y 10, que representa del 20 al 100 % de brotación, en donde los métodos de desinfección 3 y 1 fueron más efectivos en *P. fortunei*, mientras que las otras especies no experimentaron ningún efecto ni del método de desinfección ni del medio de cultivo (Fig. 1 g, h, i). Finalmente, la longitud del brote varió con los tratamientos, particularmente en *P. fortunei* cuyos mayores valores fueron encontrados en el medio de cultivo con hormonas auxinas (ANA) y citoquininas (BAP) y los métodos de desinfección 1 y 3 (Fig. 1 j). En *P. elongata* y el híbrido (*P. fortunei* x *P. elongata*) la mayor longitud de brote fue observada en el medio de cultivo con hormonas, pero difirieron con el método de desinfección, presentando mayores valores en el método 3 para la primera especie y el método 2 para la segunda (Fig. 1 k, l). Estos resultados pueden deberse a una acción combinada de fungicidas y bactericidas derivados de cobre que actúan como iones cúpricos, inhibiendo una gran variedad de enzimas, provocando la coagulación del protoplasma celular y causan la muerte de la espora del hongo (Espina y Vanegas, 2005). Trabajos relacionados con especies forestales como *Salix* sp. L. y *Aniba perutilis* Hemsl., han comprobado que el empleo de una mezcla de fungicidas (Benlate-Captam) y NaOCl al 10 % por 30 y 20 minutos permiten mantener niveles de asepsia mayores al 70 % (Chung y Carrasco, 2002). Por otra parte, Ramírez *et al.*, (2001) señalan que la micropropagación de leñosas en Woody Plant Medium (WPM) al 100 % complementado con vitaminas + 1 mg L⁻¹ de BAP + 0,50 mg L⁻¹ de ANA, se obtiene un 70 % de brotación, mientras que en el presente estudio con la utilización de M&S al 100 % complementado con vitaminas sin reguladores de crecimiento, se obtuvo el 100 % de brotación de yemas, lo que sugiere un efecto significativo del medio base sobre los niveles de brotación de las especies en cuestión y posiblemente una mayor eficiencia productiva de plántulas. Adicionalmente, en tratamientos con 0,10 mg L⁻¹ ANA y 1 mg L⁻¹ BAP se observó la formación de callo embrionario. Similares resultados fueron reportados por Ipekci *et al.*, (2001) en *P. elongata* utilizando M&S + 4 mg L⁻¹ de BAP y 0,20 mg L⁻¹ de ANA, lo que sugiere un efecto combinado de ambas hormonas como sistema útil para regeneración por embriogénesis y organogénesis indirecta. En tanto que para *P. fortunei*, las recomendaciones se han centrado en la utilización de M&S + 1 mg L⁻¹ de BAP (Yenkateswarlu *et al.*, 2001).

Etapas de multiplicación

Los resultados de las dosis de hormonas BAP y ANA a los 30 días de cultivo de explantes mostraron una mayor respuesta en la altura de brotes que sobre el número de segmentos nodales. En el caso de los segmentos nodales, el único efecto significativo fue observado en *P. fortunei* en M&S suplementado con 0,05 mg L⁻¹ de ANA+2 mg L⁻¹ de BAP, que mostró valores por debajo de 15 segmentos nodales planta⁻¹, en comparación con las otras tres dosis de hormonas que presentaron entre 17 y 20 (prueba LDS de Fisher $p < 0,05$). Las otras dos especies *P. fortunei* y *P. fortunei* x *elongata* se destacaron presentando entre 22 y 27 segmentos nodales planta⁻¹, pero sin mostrar diferencias significativas. La altura de brotes de cada especie varía con los diferentes medios de cultivo para multiplicación entre 3 y 8 cm aproximadamente (Figura 2). Las tres especies presentan los mayores valores con el método de multiplicación 1 (BAP 0,20 mg L⁻¹), aunque *P. fortunei* es significativamente menor en comparación con las otras dos especies. También se observa un decrecimiento de las micro-plantas al adicionar pequeñas dosis de ANA, aunque parece recuperarse al aumentar la dosificación de ANA y BAP, particularmente *P. elongata*. Esto sugiere que las hormonas de tipo auxinas afectan el desarrollo de brotes en la etapa de multiplicación independientemente del tipo de especies, al menos que las dosis sean en cantidades superiores a 0,1 mg L⁻¹ (Medio de cultivo para multiplicación 3). Estos resultados sugieren la utilización de bajas concentraciones de citocinina (BAP) y auxinas (ANA) para promover la proliferación y elongación de brotes; lo que difiere de Zayova, (2011) quién utilizó cantidades mayores hormonas para obtener similares resultados. Esto probablemente se deba a que pequeñas cantidades de hormona BAP son sintetizadas por brotes activos de las plántulas, pero es insuficiente para inducir el crecimiento y desarrollo *in vitro* de los brotes y yemas. Por esta razón, más del 85 % de los medios de cultivo empleados en la

micropropagación incluyen algún suplemento de citocinina, por ejemplo, Pérez, (1998) adicionalmente encontró presencia de callos en la base de las plántulas, lo que muestra posibilidades de regeneración por embriogénesis y organogénesis indirecta tal como lo mencionan Castillo *et al.*, (2012) y Ipekci *et al.*, (2001).

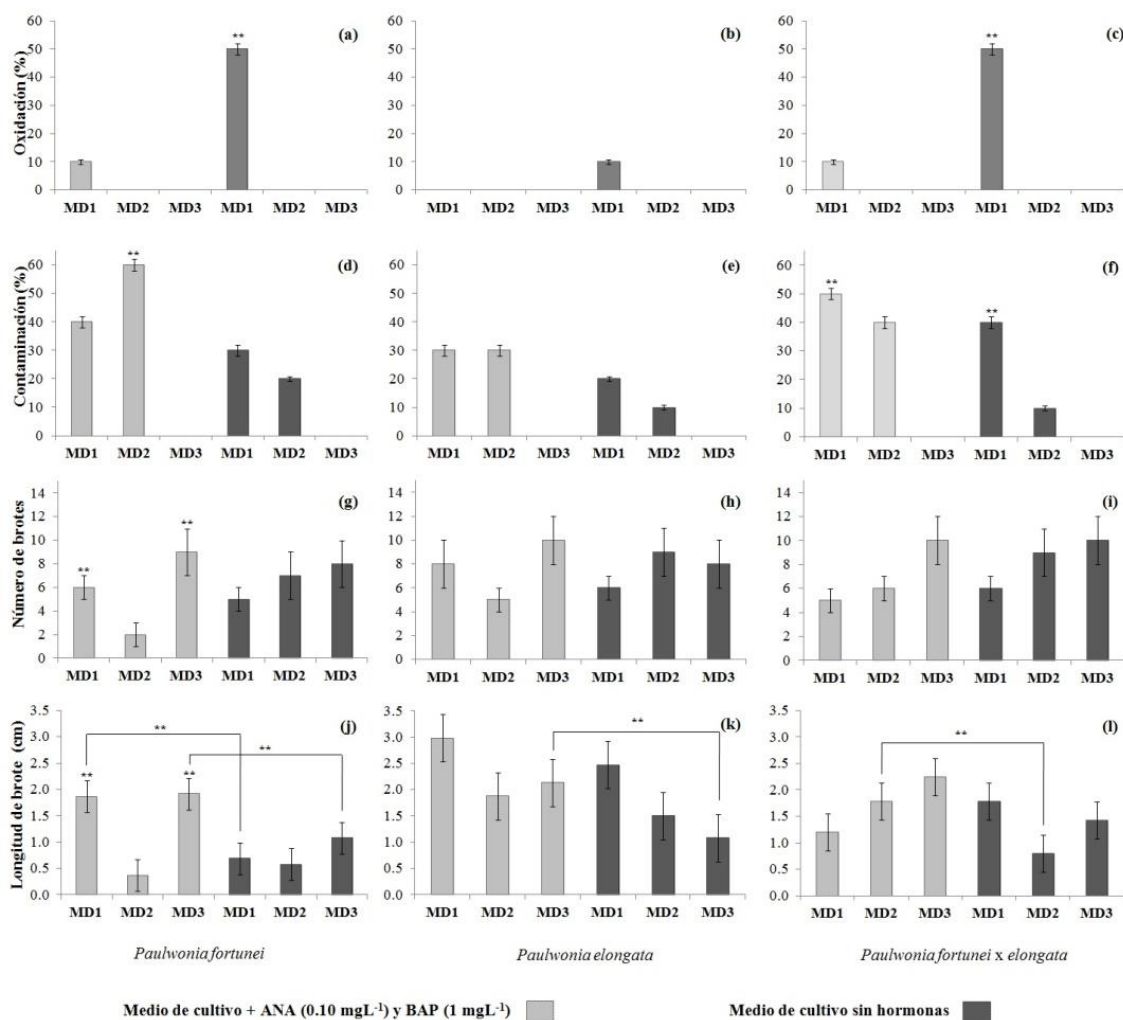


Figura 1. Porcentaje de oxidación, contaminación, número de brotes y longitud promedio de brotes ($\pm$ error estándar) por especies, métodos de desinfección y medios de cultivo. Las especies están representadas en columnas y variables en filas. Los medios de cultivo se distinguen por colores gris oscuro (sin hormonas) y gris claro (con hormonas) y los métodos de desinfección como MD1 al MD3. Los asteriscos sobre las barras identifican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los métodos de desinfección, mientras que los asteriscos ubicados sobre las líneas muestran diferencias ($p < 0,05$) entre medios de cultivo.

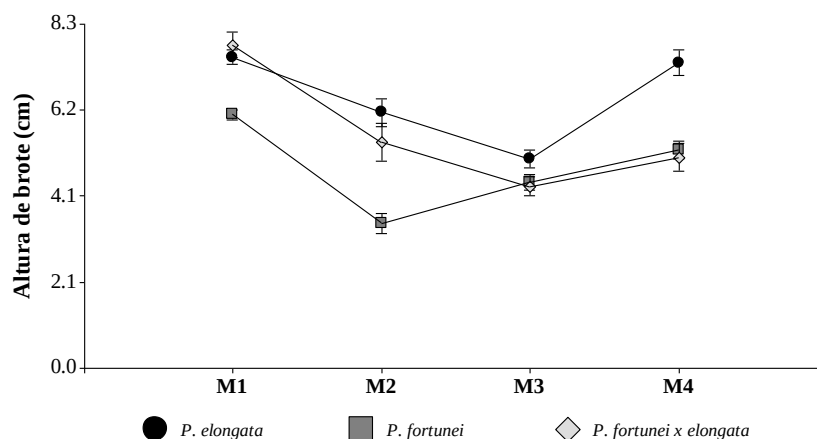


Figura 2. Gráfica que muestra el efecto de la interacción entre los 4 métodos de multiplicación y las tres especies del género *Paulownia* analizadas sobre la altura de los brotes. La escala de grises y los símbolos describen a las especies. La variable altura de brote fue transformada utilizando logaritmo natural para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, sin embargo, en esta gráfica se presentan los valores originales para mayor comprensión.

Etapas de enraizamiento

El efecto de la aplicación de hormonas ANA e IBA en el enraizamiento de micro-plantas de *Paulownia* indicaron diferencias altamente significativas. En *P. fortunei*, el medio 3 compuesto por M&S + 1,5 mg L⁻¹ IBA presentó mayor número de raíces (de 6 a 7) y longitud de brote (3,7 cm), y la mayor longitud de la raíz se presentó con el medio 1 (M&S+0,20 mg L⁻¹ ANA+ 0,4 mg L⁻¹ IBA) con 5,20 cm. El híbrido *P. fortunei x elongata* mostró similar respuesta a diferentes medios. Es así que al mayor número de raíces y longitud de las mismas se presentó con el medio de cultivo 3, y la mayor longitud de brote (3,45 cm) con el medio de cultivo 1 (M&S+0,20 mg L⁻¹ ANA+ 0,4 mg L⁻¹ IBA). Por el contrario, *P. elongata* mostró una respuesta consistente al medio de cultivo 1 para las tres variables de crecimiento. Bergmann y Moon, (1997) mostraron resultados similares en *P. elongata* utilizando segmentos foliares de plántulas establecidas *in vitro* con las mismas hormonas. Chinchilla, (2008) y Ordóñez, (2013) mencionan que las respuestas fisiológicas son desencadenadas por la presencia de auxinas, además afirman que IBA en bajas concentraciones favorece el crecimiento primario de la planta y estimulan los procesos de multiplicación celular. Por su parte, Sunseri, (2001) señala que la respuesta fisiológica de elongación celular depende de la interacción de hormonas auxinas añadidas en el medio con las sintetizadas por la propia planta, generando en ocasiones respuestas opuestas a la esperada, a los que nuestro estudio sugiere además que el efecto de las hormonas ANA e IBA tienen un efecto especializado en distintos órganos de la planta en función de las dosis aplicadas.

Etapas de aclimatación

Los resultados en esta etapa mostraron un 100 % de supervivencia en todos los tratamientos y en las tres especies de *Paulownia*. Adicionalmente, el efecto en altura de planta a los 45 días de evaluación en los dos tipos de sustratos, indican diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) únicamente en *P. elongata*, mostrando mayor altura de planta en individuos colocados en el sustrato pomina 50 % y tierra negra 50 % (>11 cm) y los individuos plantados en sustrato compuesto por turba 80 % + perlita 10 % y 10 % de vermiculita presentaron una altura de planta menor a 9 cm. En el caso de *P. fortunei* y en el híbrido (*P. fortunei x elongata*) las plantas presentaron un desarrollo similar independientemente del sustrato utilizado. Esto sugiere que las características físicas de la turba, tales como alta porosidad combinados con retención de humedad pudieron haber ejercido un efecto positivo sobre la capacidad receptora

de nutrientes en las plantas y aireación de las raíces en *P. elongata*, evitando así los niveles de deshidratación y promoviendo el desarrollo en altura de planta, tallo más grueso, hojas anchas, entre otras. Estos resultados mostraron mayor eficiencia en supervivencia y crecimiento de plantas a lo señalado por Clapa *et al.*, (2014), Ipekci y Gozukirmizi, (2003) y Lobna *et al.*, (2008), quienes presentaron menor sobrevivencia de plantas y menor crecimiento en *P. elongata* y *P. kawakami* respectivamente con sustratos más porosos. Por lo que el presente estudio sugiere un proceso más eficiente para aclimatación de plantas in vitro.

Tabla 2. Promedio de número de raíces, longitud de raíces (cm) y longitud de brote (cm) ($\pm$ error estándar) por especies y medio de cultivo de enraizamiento.

Los datos de las tres variables fueron transformados con Ln para alcanzar homogeneidad de varianzas, pero para mayor comprensión de los resultados, los valores originales fueron incorporados en esta tabla. Diferentes letras en minúscula muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tres métodos de enraizamiento. Los datos en negrilla resaltan los valores más altos alcanzados en cada variable por cada especie.

<i>Paulownia fortunei</i>	MC1		MC2		MC3	
# raíces	5,60 $\pm$ 0,25	b	5,40 $\pm$ 0,25	b	6,80 $\pm$ 0,25	a
Long raíces cm	5,20 $\pm$ 0,17	a	2,60 $\pm$ 0,17	b	2,75 $\pm$ 0,17	b
Long. brote cm	3,77 $\pm$ 0,12	a	3,30 $\pm$ 0,12	b	3,75 $\pm$ 0,12	a
<i>Paulownia elongata</i>						
# raíces	6,20 $\pm$ 0,25	a	6,70 $\pm$ 0,25	a	2,70 $\pm$ 0,25	b
Long raíces cm	6,90 $\pm$ 0,17	a	4,35 $\pm$ 0,17	c	5,40 $\pm$ 0,17	b
Long. brote cm	5,05 $\pm$ 0,12	a	4,31 $\pm$ 0,12	b	3,96 $\pm$ 0,12	c
<i>P. fortunei x elongata</i>						
# raíces	3,40 $\pm$ 0,25	c	4,90 $\pm$ 0,25	b	9,30 $\pm$ 0,25	a
Long raíces cm	2,20 $\pm$ 0,17	b	2,20 $\pm$ 0,17	b	3,22 $\pm$ 0,17	a
Long. brote cm	3,45 $\pm$ 0,12	a	2,20 $\pm$ 0,12	b	2,50 $\pm$ 0,12	b

4. CONCLUSIONES

El material vegetal de las tres especies del género *Paulownia* es resistente a la exposición de elementos químicos como el alcohol y el hipoclorito de sodio, lo que permite su desinfección previa al proceso de multiplicación. Sin embargo, la aplicación de fungicidas y bactericidas más el uso de hormonas auxinas y citoquininas son necesarios para asegurar niveles bajos de contaminación por vitropatógenos, sobre todo en *P. elongata* y el híbrido *P. fortunei x elongata*, y para fomentar un rápido desarrollo vegetativo de las plántulas en el arranque del proceso de propagación. En la etapa de multiplicación, el desarrollo vegetativo de las plántulas es favorecido por el uso de bajas dosis de hormonas BAP, particularmente la altura de los brotes. Aunque un estudio con dosis superiores a 0,1 mg L⁻¹ de hormonas ANA podría resultar en un método que potencie el desarrollo de los brotes en esta etapa. Adicionalmente, la aplicación de hormonas tipo IBA y ANA ejercen un efecto especializado en el desarrollo radicular y vegetativo de plántulas en función de las dosis aplicadas y la especie en cuestión. Es así que un incremento en las dosis de hormonas IBA favorece el desarrollo en número y tamaño de raíces, mientras que valores bajos favorecen el desarrollo de brotes en el híbrido *P. fortunei x elongata* y en *P. fortunei*. Sin embargo, *P. elongata* es favorecida únicamente por valores bajos de hormona tipo IBA para su estructura radicular y vegetativa en la etapa de enraizamiento.

Finalmente, para asegurar un alto rendimiento en término de plantas vivas y crecimiento en altura de planta, en la etapa de aclimatación, el uso de sustratos que proporcionen al menos un 50 % de porosidad son necesarios para asegurar suficiente drenaje, y el otro 50 % con sustratos que contengan elementos nutricionales que puedan ser aprovechados por la planta en esta etapa; aunque esto último aún debe ser estudiado a mayor profundidad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergmann, B. A.; R. Whetten. 1998. In vitro rooting and early greenhouse growth of micropropagated *Paulownia elongata* shoots. *New Forests* 15(2):127-138
- Bergmann, B. A.; H. K. Moon. 1997. In vitro adventitious shoot production in *Paulownia*. *Plant Cell Reports* 16: 315-317
- Castellanos, O.; A. Rodríguez; J. Rodríguez; B. Rodríguez. 2006. Organogénesis indirecta y enraizamiento “in vitro” de “*Paulownia elongata*”. *Redalyc* 4(15):1-12
- Castillo, C.; A. Gutiérrez; M. Buenrostro; V. Cadena; J. Cetina. 2012. Regeneración de plantas de *Paulownia elongata* Steud. por organogénesis directa. *Revista Mexicana Científica* 3(10):41-49
- Chinchilla, S. I. 2008. *Establecimiento y cultivo in vitro de Pouteria sapota (Jacquin) HE Moore & Stearn*. Trabajo final de graduación. Universidad de Costa Rica
- Chung, P.; Carrasco, B. 2002. Micropropagación de *Salix* spp a través de meristemos foliares. *Ciencia e Investigación Forestal-Instituto Forestal/Chile* 12:63-77
- Clapa, D.; Al. Fira; S. Manuela; L. Vasu; D. Buduroi. 2014. Improved In Vitro Propagation of *Paulownia elongata*, *P. fortunei* and its Interspecific Hybrid *P. elongata* x *P. fortunei*. *Bulletin UASVM Horticulture* 71(1):6-14
- Delgado, J.; P. Játiva. 2010. *Políticas institucionales de Investigación, Transferencia de Innovaciones y Prestación de Servicios Tecnológicos*. INIAP, Quito. 52 p.
- Di Rienzo, J. A.; A. W. Guzmán; F. Casanoves. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 7(2):129-142
- Di Rienzo J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada; C.W. Robledo. *InfoStat versión 2016*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <<http://www.infostat.com.ar>>
- Espina, S.; C. Vanegas. 2005. Ecofisiología y contaminación. En: *Golfo de México: Contaminación e Impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2da Edición 2005, p. 53-78. Botello, A.; J. Rendón; G. Gold-Bouchot; C. Agraz-Hernández (Eds). Universidad Autónoma de Campeche. México
- Grijalva, J.; X. Checa; R. Ramos; P. Barrera; R. Vera; F. Sigcha. 2016. *Estado de los recursos genéticos forestales en Ecuador. Programa Nacional de foresteria del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*. INIAP, Quito. 100 p.
- Ipekci, Z.; A. Atinkut; K. Kazan; K. Bajrovic; N. Gozukirmizi. 2001. High frequency plant regeneration from nodal explants of *Paulownia elongata*. *Plant Biol* 3(2):113-115
- Ipekci, Z; N. Gozukirmizi. 2003. Direct Somatic embryogenesis and synthetic seed production from *Paulownia elongata*. *Plant Cell Rep* 22(1):16-24
- García-Lahera, J. P. 2010. *Guía de facilitación para el trabajo con la literatura de referencia sobre la flora de Cuba*. Editorial Feijóo, Cuba
- Lascano, M. 2008. *Valoración de la contribución forestal a la economía nacional, caso Ecuador*. OTCA. Ecuador
- Limongi, R.; G. Wiracocha; C. Yopez. 2011. Amarillo de Guayaquil (*Centrolobium ocoxylum* Rose ex Rudd) especie de uso múltiple del bosque seco del Ecuador. INIAP, Portoviejo. 32 p.

- Lobna, S.; M. Taha; I. Soad; M. Farahat. 2008. A Micropropagation Protocol of *Paulownia kowakamii* through in vitro culture technique. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2(3):594-600
- Lucas, M.; E. Martinez; F. A. García; F. López; M. Abellan; D. Pérez; A. Cerro. 2010. *Paulonia* (*Paulownia elongata* x *fortunei*) cultivation to obtain wood and biomass in Castilla-La Mancha [Spain]: first results. *Foresta* [en línea] [fecha de consulta: 27 Marzo 2017], p. 106-110. Disponible en: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=ES2010001670>>
- Ordóñez, M. 2013. *Evaluación de medios de cultivo sobre las fases de micropropagación in vitro de la especie forestal nativa Yagual (Polylepis incana)*. Tesis Ing. en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí. 20 p.
- Ozaslan, M.; C. Can; T. Aytekin. 2005. Effect of explant source on in vitro propagation of *Paulownia tomentosa* Steud. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 19(3):20-26
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 2013. *Programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales*. Guayaquil, Ecuador
- Ministerio del Ambiente. 2010. *Aprovechamiento de los recursos forestales en el Ecuador 2007-2009*. Quito-Ecuador
- Murashige, T.; F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum* 15(3):473-497
- Palacios, W.; E. Vásquez; N. Jaramillo; M. Robalino. 2011. *Evaluación de la estrategia de Desarrollo forestal Sustentable 2006-2011*. Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito. 66p.
- Pérez, J. 1998. *Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología*. Instituto de Biotecnología de las plantas, Santa Clara. 965 p.
- Prado, L.; C. Samaniego; J. Ugarte-Guerra. 2010. *Estudio de las cadenas de abastecimiento de germoplasmas forestal en Ecuador*. World Agroforestry Centre (ICRAF), Lima. 247 p.
- Rao, C.; C. Goh; P. Kumar. 1993. High frequency plant regeneration from excised leaves of *Paulownia fortunei*. *In vitro Cell Dev Biol* 29(2):72-76
- Rout, G.; G. Reddy; P. Das. 2001. Studies on in vitro clonal propagation of *Paulownia tomentosa* Steud and evaluation of genetic fidelity through RAPD marker. *Silvae Genetica* 50:208-212
- Sharma, S. S.; R. Charan. 2003. Regeneration and multiplication of *Paulownia fortunei* (CO20 clone) through shoot tip culture. *Indian Journal of Soil Conservation* 31:276-280
- Song, S.; T. Sato; K. Ishii; A. Saito; K. Ohba. 1990. In vitro mass propagation by meristem culture of two mature trees of *Paulownia catalpifolia*. *Journal of the Japanese Forestry Society* 72(6):495-498
- Sunseri, F. 2001. *Tecniche di Colture Cellulari* [en línea]. Fecha de consulta: 02 Febrero 2015. Disponible en: <https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/140_2012_316_15695.pdf>
- Ramírez, M. A.; V. M. Villalobos; R. Salgado. 2001. *Cultivo in vitro de Paulonia (Paulownia tomentosa)*. INIFAP. 19 p.
- Wayne, K.; G. Donald. 2004. *Tree crops for marginal farmland*. University of Tennessee. 31 p.
- Yenkateswarlu, B.; J. Mukhopadhyay; E. Sreenivasan; V. Moses. 2001. Micropropagation of *Paulownia fortunei* through in vitro axillary. *Indian Journal of Experimental Biology* 39:594-599
- Zayova, E. 2011. *Micropropagation of Paulownia (Paulownia elongata)*. Agricultural Academy, Bulgaria.
- Zhu, Z. H., C. J. Chao; X. Y. Lu; Y. G. Xiong. 1986. *Paulownia in China: cultivation and utilization*. Beijing, China.



TRABAJO CIENTÍFICO

Determinación de los factores condicionantes del rendimiento de semillas de *Pinus tropicalis* MORELET y *Eucalyptus urophylla*. T.BLAKE en masas semilleras

determining the factors affecting pinus tropicalis MORELET and Eucalyptus urophylla. T.BLAKE seed yield in seed masses

Barrero Medel, H.¹; A. R. Álvarez Díaz²; E. L. Hernández y Y. Aguilera Torres³

Recibido en abril de 2016; aceptado en julio de 2017

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo determinar los factores que condicionan el rendimiento de semillas de *Pinus tropicalis* Morelet y *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake en la EFI Macurije. Se muestrean dos masas semilleras mediante un muestreo aleatorio simple, estableciendo parcelas circulares de 500 m² donde se midieron diámetro normal (Dn), diámetro de copa (Dc), altura total (Ht), altura de copa (Hc), calculándose a partir de estos el diámetro medio de copa (D_{copa}), el área de copa (S_{copa}), y el volumen de copa VG_{copa}. Se realizó además un muestreo al personal involucrado en esta actividad en la empresa a través de encuesta. Se obtiene que el transporte, la falta de herramientas y la disponibilidad de combustible son los factores de índole antrópico que inciden en el desarrollo vertiginoso de esta actividad, así como del análisis de la tendencia de la producción de semillas de Pt a las altas temperaturas, las precipitaciones y la fuerza del viento los factores climáticos que han incidido en la geometría de la recolección de semillas en el periodo de 2006-2014.

Palabras claves: Semillas forestales; *Pinus tropicalis*; *Eucalyptus urophylla*

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the factors that influence the yield of *Pinus tropicalis* Morelet and *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake seeds at EFI Macurije. Two seed masses were sampled by simple random sampling, establishing circular plots of 500 m² from where normal diameter (Dn), crown diameter (Dc), total height (Ht), crown height (Hc), were calculated in order to determine the average cup diameter (D_{copa}), the cup area (S_{copa}), and the cup volume VG_{copa} afterwards. The personnel involved in this activity in the company was also sampled through a survey. It is concluded that transportation, tools lack and fuel availability are the factors of anthropic nature that influence the vertiginous development of this activity as well as the analysis of the trend of Pt seeds production at high temperatures, rainfalls and wind force climatic factors are those that have influenced the geometry of seed collection in the period 2006-2014.

Key words: Forest seeds; *Pinus tropicalis*; *Eucalyptus urophylla*.

¹ Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca. Martí 270 esq. a 27 de Noviembre. Pinar del Río, Cuba. E-mail:hbarrero@upr.edu.cu

² Estudiante de la Maestría en Ciencias Forestales de la Universidad de Pinar del Río, Cuba

³ Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. Campus Central. Paso Lateral Km. 2 1/2 Vía a Napo, Troncal Amazónica E45, Puyo, Ecuador

1. INTRODUCCIÓN

La actividad de semillas forestales, definida como el conjunto de acciones destinadas a garantizar la disponibilidad en cantidad suficiente de material reproductor, con calidad satisfactoria y de forma de manejo conocida y perfeccionada; es sin duda uno de los puntales fundamentales de los planes de fomento que con diferentes fines se propone en el país (INAF, 2012). Los cambios de estructura que ha experimentado la actividad forestal en los últimos años y unido a la planificación del incremento de la cobertura forestal a un 29 % para el 2020, según refiere el Informe sobre las Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal Cubano hasta el 2020, requiere de enormes incrementos en volúmenes de semillas a manejar, hecho que esta antecedido por un historial de fortalezas y debilidades según refiere Sordo (2015). La producción de Semillas Forestales que fuera una de las actividades más destacadas y mejor organizada en la década de los 60 y comienzos de los 70 del siglo pasado, experimentó un deterioro acelerado a consecuencia de una serie de factores tanto económico como estructural, entre las que se señalan la pérdida de las estructuras de dirección a todos los niveles, proliferación de la indisciplina tecnológica, afectaciones a las fuentes de semillas por la falta de atenciones silviculturales, incendios y por tala ilícita, además de la incidencia directa del periodo especial que afectó a todas las ramas de la economía nacional (Sordo, 2015).

Pinus tropicalis y *Eucalyptus sp* (Eu) ocupan un lugar preponderante en los valores establecidos en el proyecto de ordenación para la reforestación, además de que el 47.6 % del área total de la empresa está cubierta por especies de coníferas y un 7.8 % lo ocupa el *Eucalyptus sp*, para un total de 55.4 % de la superficie total. Por tal razón es necesaria una alta disponibilidad de semillas en las labores de fomento forestal. Según el Informe sobre el Programa de Semillas Forestales en el 2013 la producción de semillas en la empresa para el caso de las coníferas no fue nada satisfactoria pues de un pronóstico de 361 latas solo se cosecharon 12 latas para un cumplimiento del plan de un 3.3 %. Lo anterior denota el estado de la actividad en la entidad y el propio informe lo refleja al argumentar que estos resultados estuvieron muy distantes de lo esperado y en la misión de potenciar el balance nacional de semillas.

Teniendo en cuenta lo anterior y bajo la premisa que plantea el lineamiento N° 188 de la política económico-social de Cuba al exponer que se debe “Desarrollar una política integral que contribuya a potenciar la producción, beneficio, conservación y comercialización de semillas” teniendo en cuenta lo anterior se formuló el siguiente objetivo: Diseñar una estrategia para el aprovechamiento de semillas forestales de *Pinus tropicalis* Morelet y *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake en la EFI Macurije.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales del territorio de la EFI Macurije

La Empresa Forestal Integral (EFI) Macurije se ubica en la región más occidental de la provincia de Pinar del Río, en Cuba. Sus límites geográficos son los siguientes: al Norte (N) con el litoral costero desde la ensenada de Baja hasta la ensenada de Garnacha, al Noreste (NE) con el Municipio Minas de Matahambres específicamente con el Consejo Popular Santa Lucía (EFI Minas de Matahambres); al Este (E) con el municipio San Juan y Martínez (EFI Pinar del Río); al Sur (S) con el municipio Sandino (EFI Guanahacabibes) y al Sureste (SE) con el litoral del Golfo de México (Figura 1) (Aldana et al., 2006).

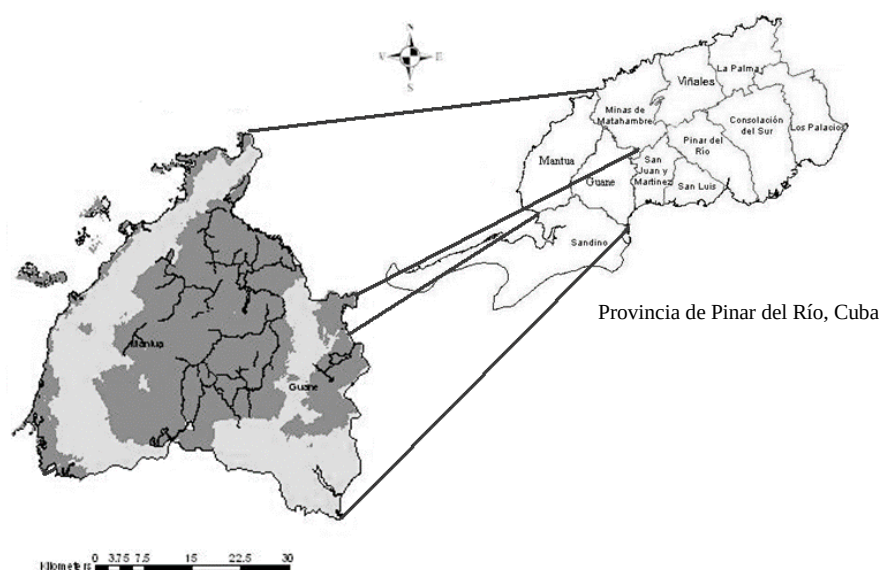


Figura 1. Ubicación geográfica de la EFI Macurije.

Características climáticas, relieve y suelos

La cantidad de lluvia reportada en el territorio de la EFI Macurije es de unos 1300 mm como promedio anual, el mes más seco es diciembre con 28 mm y el más lluvioso septiembre con 225 mm; en relación a las temperaturas, la media en el territorio es de 25.7 °C; el mes más frío es enero con 23.1 °C y el más caliente es agosto con 28 °C (Aldana *et al.*, 2006). La EFI Macurije presenta diferentes tipos de relieve; un análisis de estos indica una secuencia escalonada de elevaciones que concluyen en una llanura costera influenciada por ciénagas y arenales. La existencia de estas zonas no puede considerarse como un hecho fortuito, ya que se debe a la acción continuada de los procesos erosivos. Una formación geológica considerada como de las más antiguas de Cuba, es la conocida como “Formación San Cayetano” y está constituida por rocas metamórficas fundamentalmente rocas esquistosas y pizarrosas.

Evaluación de las fuentes semilleras de *Pinus tropicalis* y *Eucalyptus urophylla* en la EFI Macurije

Se realizó un muestreo aleatorio simple a dos fuentes semilleras Huerto de Brinzal (HB) de *Eucalyptus urophylla* y una masa semillera de *Pinus tropicalis*, la cuales se localizan (la primera) en el rodal 24, lote 99 con una superficie total del rodal de 2 ha, y la segunda de estas en el rodal 5 perteneciente al lote 128 con una superficie total del Rodal de 54 ha ambas pertenecientes en la Unidad Silvícola Guane, para lo cual se establecieron 5 parcelas cuadradas de 100 m² en Eu y 7 en Pt, determinándose el número de muestra mediante la siguiente ecuación para poblaciones infinitas $(1 - f) \geq 0,98$:

$$n = \frac{t^2 (cv\%)^2}{(LE\%)^2}$$

Dónde:

LE: límite del error admitido el 15 % para este estudio.

cv: coeficiente de variación

t: t de student para Eu $t_{(0,05;4)} = 2.13$ y Pc $t_{(0,05;6)} = 1.94$

Determinación de variables dasométricas en las Fuentes Semilleras

Se midieron variables relacionadas con la productividad de las semillas, como diámetro de copa, altura de copa, diámetro a 1.30 cm y altura. Los cuales garantizaron el cálculo, del área basal (g), el área de copa (s), la esbeltez o factor de estabilidad (f) y el volumen de copa (vc).

El volumen para Pt se calculó utilizando la fórmula del coeficiente mórfico, empleándose para Pt, $f=0.47$ establecido por Padilla (1999) y para Eu el de la tabla de tasación de los bosques de Cuba, $h \leq 12$ $f=0.37$ y para $h > 12$ $f=0.34$.

El área de copa (S_{copa}) se calculó mediante ecuación 1 y del diámetro de copa (D_{copa}) ecuación 2, Calliez (1980):

$$S_{\text{copa}} = \pi * \frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$D_{\text{copa}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} S_{\text{copa}}} = 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n}} \quad \text{Ecuación 2}$$

El volumen global de copa (VG copa) se calculó con la ecuación 3:

$$VG_{\text{copa}} = \frac{1}{3} S_{\text{copa}} * h_{\text{copa}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a análisis estadísticos descriptivos con evaluación de las medidas de tendencia central y de dispersión, acompañados de representación de gráficos de caja o bigotes.

Evaluación de la dinámica de recolección de las semillas forestales de *Pinus tropicalis* Morelet y *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake en la EFI Macurije

Se trabajó utilizando el método documental a partir de la dinámica de recolección de semillas por la EFI desde el año 2006 hasta el 2014 se analiza la tendencia mediante diagrama de dispersión.

Identificación de factores que condicionan el estado actual del aprovechamiento de las semillas forestales de *P. tropicalis*.

Se aplicó un cuestionario según explica Notario (2004). Todo lo cual permitió obtener elementos complementarios sobre el problema, introducir o excluir indicadores y rediseñar preguntas. El cálculo del tamaño de la muestra se determinó a través del procedimiento planteado para estudios sociales en poblaciones finitas o conocidas, por Calero (1978).

La muestra fue calculada mediante la siguiente ecuación 4:

$$n = \frac{z^2 * p * q}{E^2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

n: tamaño de la muestra

Distribución normal (1.96 para un intervalo de confianza de 95%)

P: hipótesis de proporción de la población 100 % del personal que trabaja con semillas.

q se calcula medite la ecuación 5. $q=1-p$ Ecuación 5

E: margen de error que se está dispuesto aceptar (10%)

Para la identificación de las variables ambientales que influyen en la productividad de la masa semillera de Pt siendo solo posible hacerlo para la masa semillera de esta especie por el conocimiento de la dinámica del clima de 2006 al 2014 y de la recolección por un mayor tiempo,

ser decidió realizar este análisis solo para esta especie y no para la masa semillera de *Eu* la cual contaba con solo 3 años de recolección de semillas de la misma no siendo representativo para este análisis. Así se tomaron como variables climáticas las siguientes: humedad relativa (Hr), precipitaciones (P), Temperatura del aire (T), Tensión de vapor de agua (TVH₂O), Temperatura humedad (TH), Temperatura del punto del rocío (TPR), Déficit de saturación (DS) y Fuerza del viento (FV), las cuales se obtuvieron del registro del clima de la Estación Meteorológica de Isabel Rubio, en las fases fenológicas de apertura de los conos entre los meses de junio-agosto desde el año 2006 hasta el 2014.

Análisis Estadístico

Una vez obtenidos los datos, se emplea la estadística descriptiva para evaluar y caracterizar las masas con la ayuda de las medidas de tendencia central y de dispersión, de las variables dasométricas, así como análisis multivariados de conglomerados jerárquicos para identificación de expertos en la actividad de semilla dentro de la empresa, gráficos de Pareto para identificar el peso de los factores que condicionan la actividad de recolección de semillas, y un análisis de componentes principales para ordenar el comportamiento de la recolección de Pt con variables climáticas que puedan incidir en este comportamiento, utilizando el paquete SPSS 15.0 para Windows versión 15.02.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Análisis de las Fuentes semilleras de *P. tropicalis* y *E. urophylla*

Un análisis descriptivo desde el punto de vista cuantitativo reflejan el estado del manejo y salud de las dos masas semilleras en la empresa, así se obtiene un área basal por hectárea (G/ha) para la masa de *P. tropicalis* de 17,8 m², 0.6 de densidad según la norma ramal (NRAG) 595 (1982), volumen por hectárea de 119.8 m³, 614 árboles/ha, perteneciendo a la clase de calidad de sitio I según Suárez *et al.*, (2002), una altura dominante de H₀=15 m ubicándola dentro de la calidad de sitio establecidas por Padilla (1999) VII IS (12), con una categoría para el estado fisiológico de adulto (Figuerola, 2002).

En relación al comportamiento del volumen Padilla (1999) (misma edad) define como comportamiento normal en plantaciones de la provincia un V/ha de 85.7 m³ de la masa después de raleada, lo cual para este trabajo se discrepa en relación a la actual densidad de la masa según la NRAG 595, (1982) con 34.5 m³ de volumen más que la que este autor propone.

Se obtuvo además un incremento medio anual para el diámetro de 0.835 cm y 0.473 m de altura del árbol de comportamiento medio, así como 0.612 m² de G/ha y 4.132 m³ de V/ha.

En relación con la masa de *E. urophylla* especie de gran durabilidad (Betancourt, 2000) y cuyo fin fundamental es la obtención de un surtido para la industria de preservación de postes para el servicio público, se obtuvo un área basal de 24.9 m², para una densidad de 0.9 según la norma ramal (NRAG) 595 (1982). Se obtiene un volumen de 151.7m³ y 660 árboles por hectárea. Estos resultados se corresponden con los encontrados por Peñalver (1991) en plantaciones de la provincia de Pinar del Río la cual pertenece a la calidad de sitio IV (IS=15 m), con un volumen normal de 87.7 m³/ha excediéndose en 64 m³ de volumen de árboles a ralea para esta investigación, lo cual es un indicador de una deficiente gestión del manejo de esta especie para el objetivo de masa semillera. Se ha obtenido un incremento medio anual para el diámetro de 2.206 cm, para la altura del árbol de comportamiento medio de 1.484 m, de área basal por hectárea de 6.893 m² y de volumen de 46.294 m³ para la masa de *E. urophylla* este último resultado es superior al reportado por Peñalver (1991) para la especies en la provincia que ha sido de 9.8 m³/año.

En la Figura 2 y 3 se representó el grado de dispersión y asimetría de los datos del diámetro y la altura del árbol medio tanto de la masa semillera *E. urophylla* y *P. tropicalis*, observándose que para los diámetros de ambas masas, el 50 % de datos centrales se encuentran entre la 1era y la 3era bisagra de Tukey con un caso atípico para la masa de *E. urophylla* alejado a más de 1.5 longitud de cajas del percentil 75, por su parte para la altura del árbol medio más del 50 % de los datos centrales se encuentra por encima de la media que es 13.57 m para la masa de Eu no siendo así para la masa de *P. tropicalis* donde los valores se encuentran en la caja entre los percentiles 25 y 75 con tres casos atípicos los cuales se encuentran alejados a más de 1.5 longitud de cajas del percentil 25.

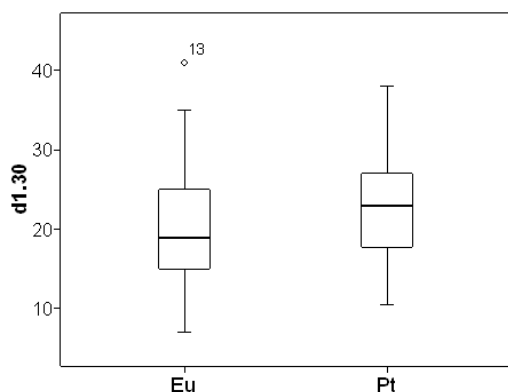


Figura 2. Dispersión del d1.30 de Pt y Eu

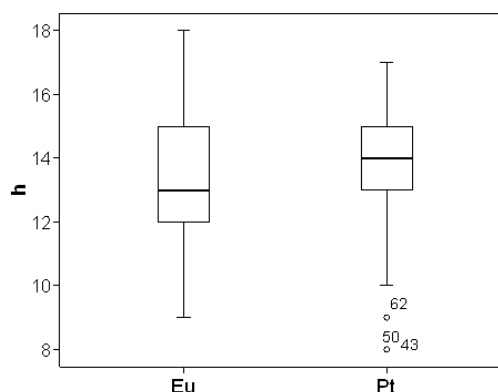


Figura 3. Dispersión del h de Pt y Eu

En relación a la esbeltez el comportamiento cuantitativo de las masas refleja como media para *P. tropicalis* 61.8947 y de varianza 218.056 y para el caso de *E. urophylla* 74.8658 y una varianza de 992.296 una simple comparación entre ambas masas se logra una mejor estabilidad en la de *P. tropicalis* al poseer descriptivos de mejor comportamiento. Esta variable es reflejo del manejo realizado, además de ser un coeficiente de forma así como sobre la posición social de los árboles, los árboles dominantes y codominantes tienen normalmente, una relación inferior a 100, y para la elección de los árboles de porvenir, es aconsejable no conservar árboles que tengan una relación inferior a 80.

Parde y Bouchoun (1988) agregan que en masas, cuanto más pequeña sea la relación de esbeltez del árbol medio, más estable es la masa, un factor inferior a 80 caracteriza a masas resistentes a posibles riesgos de derribos por fuertes vientos; un factor igual o superior a 100 significa masas muy frágiles desde este punto de vista, volviéndose prácticamente imposible cualquier raleo. Para esta investigación se puede evaluar con respecto a los árboles de comportamiento medios de las masas suficientes al cumplir con esta condicionante de $f < 80$.

Un análisis a profundidad se visualiza en la Figura 4 con un gráfico de bigote donde se constata que en ambas masas el coeficiente de estabilidad se encuentra por debajo de 100 lo que denota la estabilidad de estas, se observan algunos atípicos en todos los casos superiores a 100 los cuales indican desde el punto de vista del estatus sociológico individuos oprimidos, vulnerables.

El análisis de la copa es un indicador importante que determina la productividad y recolección de semillas (mayoría de los árboles) a pesar que la biomasa foliar solo representa de 4 a 6 % del total del árbol (Gower y Norman, 1991; Margolis *et al.*, 1995) y es donde se genera la productividad primaria neta (Gholz y Cropper, 1991). El análisis de la altura de las copas y el diámetro de copa (Figuras 5 y 6) refleja que la masa semillera de *E. urophylla* tiene un mejor comportamiento en relación a la altura de las copas que para *P. tropicalis*, como es lógico, ya que las especies tienen hábitos de crecimiento muy diferentes: una con crecimiento monopódico y la otra simpódico.

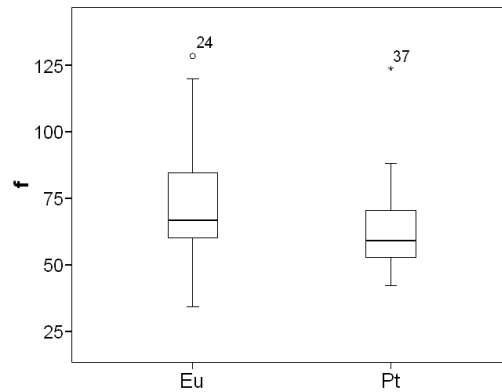


Figura 4. Variabilidad de la esbeltez en Pt y Eu.

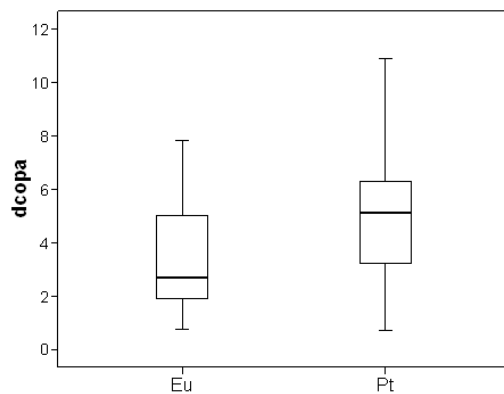


Figura 5. Dispersión del hcopa de Pt y Eu

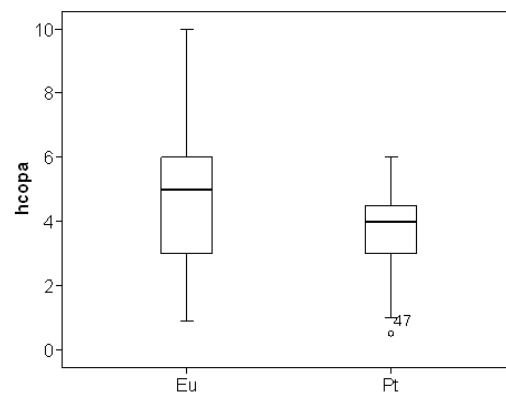


Figura 6. Dispersión del dcopa de Pt y Eu

En las Figuras 7 y 8 se representó el grado de dispersión y asimetría para S_{copa} y V_{copa} , observándose que para el primero en las dos especies, el 50 % de los datos centrales se encuentran en la caja, con tres casos atípicos alejados a más de tres longitudes de cajas del percentil 75 para la masa de *P. tropicalis*, por su parte para la masa de *E. urophylla* más del 50 % de los datos se encuentra por encima de la media lo cual incide en su comportamiento, para el caso del V_{gcopa} sigue siendo la masa de *P. tropicalis* la de mejor comportamiento en cuanto a su distribución y simetría.

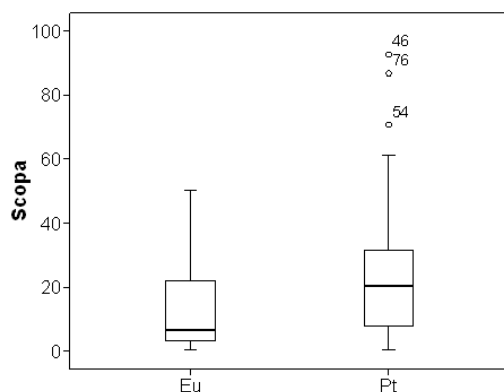


Figura 7. Dispersión del área de copa de Pt y Eu

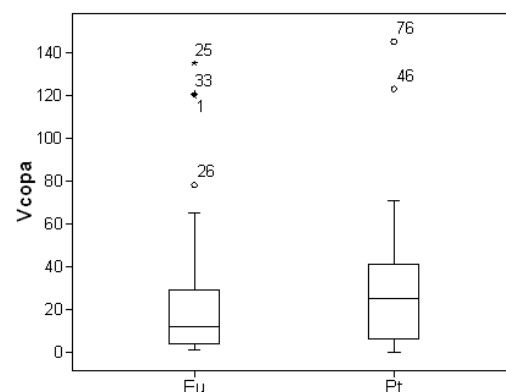


Figura 8. Dispersión del volumen de copa de Pt y Eu

El análisis de estas últimas variables nos indica que existen potencialidades en relación a la producción de semillas forestales al contar con comportamientos de la arquitectura aérea favorables para la floración y fructificación de ambas especies solo que deben ser atendidas rápidamente para poder garantizar el cumplimiento del plan de fomento forestal.

En los planes anuales de producción de semillas son varios los factores que influyen en el rendimiento de este producto forestal, un análisis de las frecuencias arrojadas del método de encuesta, arroja el resultado de la Figura 9 donde se identifican dentro de los factores influyentes en el aprovechamiento de la semilla el transporte seguido de la falta de herramientas y el clima como los que más inciden.

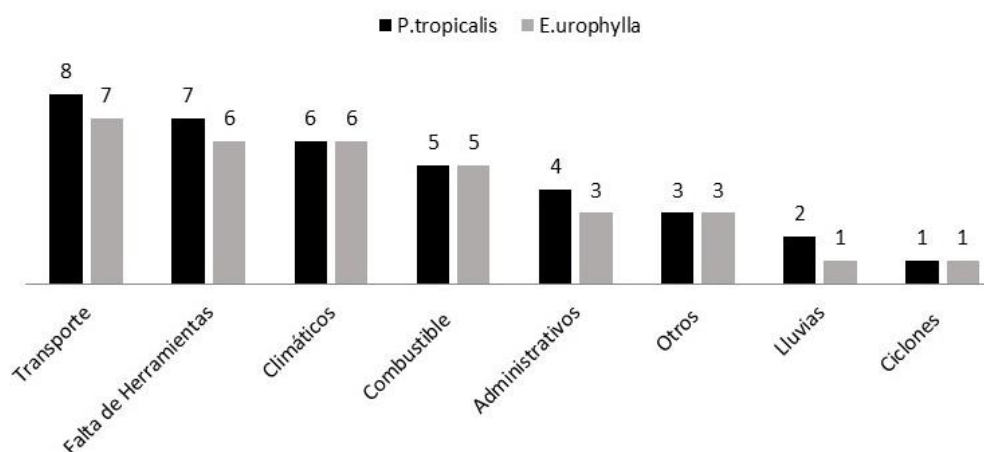


Figura 9. Análisis de los factores que influyen en el aprovechamiento de la semilla

Este resultado se encuentra en correspondencia con lo reportado por la Dirección Forestal (2015) quienes identifican en el diagnóstico realizado a todas las empresas del país deficiencias en cuanto a la producción y uso de semillas.

Entre la variación interanual, uno de los aspectos más importantes de considerar debe ser la variación que puede existir en la producción de semillas (Forget, 1996; Newstrom *et al.*, 1994), ya que esta información es fundamental para definir los mejores árboles semilleros en un sistema forestal manejado. Un análisis de la tendencia de la recolección de la semilla se muestra en la Figura 10, se observa una tendencia irregular de la recolección de semillas de *P. tropicalis* las cual se hace más acentuada en el 2011 donde se alcanza el punto de mayor peso de recolección no recolectándose semillas de estas especies en el año 2012 y 2013 y 1 kg solamente en el año 2014.

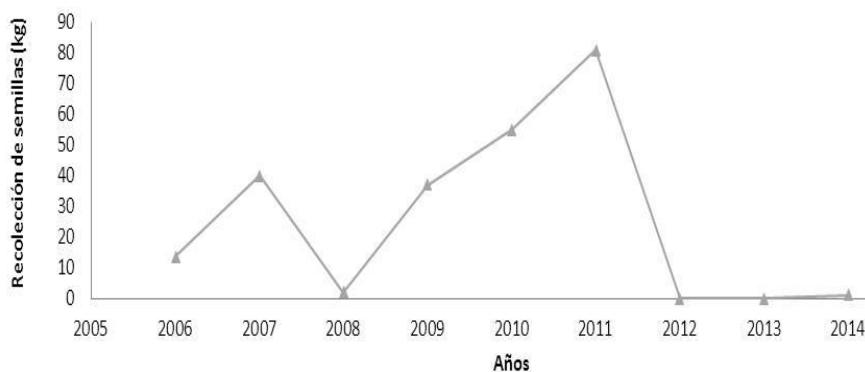


Figura 10. Tendencia de la recolección de semilla para la especie *Pinus tropicalis*

La producción de hojas, flores y frutos de árboles tropicales puede ser controlada por varios factores, incluyendo temperatura, luz, precipitaciones y humedad relativa (Borchert, 1983; Reich y Borchert, 1984; Wright y Van Schaik, 1994; Lineray Meave, 2002).

Un análisis de las variables climáticas nos facilita una interpretación de factores que favorecen la apertura de los conos y con ello la productividad de la recolección de las semillas de esta especie, así con el empleo del análisis factorial, utilizándose como método descriptivo de extracción el análisis por componentes principales, se seleccionaron 2 factores con autovalores mayores que 1, los cuales explican el 81.106 % de la varianza total lo que equivale pasar de 8 observaciones con 9 variables a dos componentes principales. El 81.106 %, se considera suficiente y el espacio tridimensional es de más fácil comprensión (Tabla 1).

Tabla 1. Varianza total explicada

Comp.	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,665	51,828	51,828	4,665	51,828	51,828	4,427	49,187	49,187
2	2,635	29,278	81,106	2,635	29,278	81,106	2,873	31,919	81,106
3	0,938	10,424	91,530						
4	0,666	7,400	98,931						
5	0,096	1,064	99,995						
6	0,000	0,004	99,999						

En esta tabla podemos comprobar que las sumas de los cuadrados de las saturaciones no coinciden con las de la extracción no rotada, esto nos ofrece una solución suficientemente clara sin necesidad de pensar que la rotación mejore la interpretación de la solución factorial.

La obtención de la matriz de componentes (Tabla 2) contiene las saturaciones de las variables en los factores no rotados, en los que se ven claramente dos componentes, uno relacionado con las características de evaporación del agua y otra donde se relaciona la productividad con la temperatura, precipitaciones y la fuerza del viento donde se representan las ecuaciones 6 y 7.

Tabla 2. Matriz de componentes

	Componente	
	1	2
Hr	0,965	-0,236
TVH2O	0,958	0,267
TPR	0,957	0,258
DS	-0,926	0,359
Th	0,777	0,616
T	-0,359	0,917
P	0,434	-0,682
RSPtKg	0,066	0,630
FV	0,339	0,479

Ecuaciones Resultantes:

$$Y1 = ,965 \text{ Hr} + ,958 \text{ TVH}_2\text{O} + ,957 \text{ TPR} - ,926 \text{ DS} + ,777 \text{ Th} - ,359 \text{ T} + ,434 \text{ P} + ,066 \text{ RSPt} + ,339 \text{ FV}$$

Ecuación 6

$$Y2 = -,236 \text{ Hr} + ,267 \text{ TVH}_2\text{O} + ,258 \text{ TPR} + ,359 \text{ DS} + ,616 \text{ TH} + ,917 \text{ T} - ,682 \text{ P} + ,630 \text{ RSPt} + ,479 \text{ FV}$$

Ecuación 7

De lo anterior y de la Figura 11 se puede inferir la importancia de las variables por sus cocientes y distancias desde el origen; se aprecia el poco efecto de las variables RSPtKg y Fzaviento y las variables de mayor peso resultaron la humedad relativa.

En relación a este componente las variables que menos aportan son Humedad relativa y Temperatura Punto del Rocío y las de mayor peso la temperatura y la recolección de semillas de Pt.

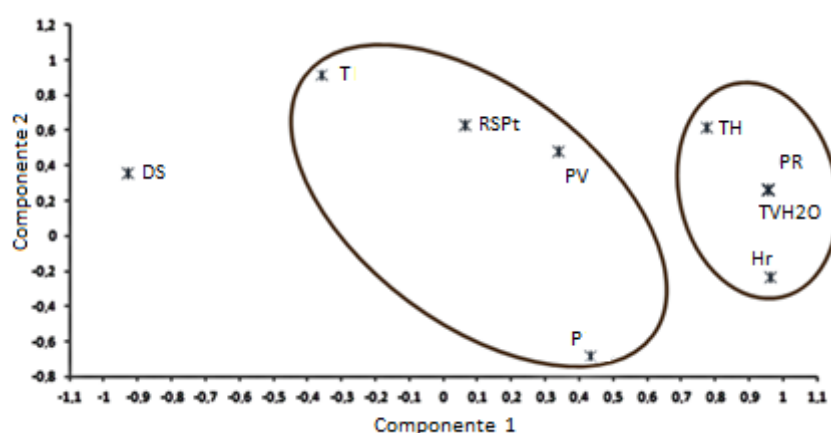


Figura 11. Comportamiento de los dos primeros componentes.

4. CONCLUSIONES

La existencia de potencialidades de acuerdo a los análisis dasométricos realizados a las dos masas semilleras, la percepción sobre esta actividad en la empresa destaca al transporte, la falta de herramientas y la disponibilidad de combustible como los factores de índole antrópico que inciden en el desarrollo vertiginoso de esta actividad, así como del análisis de la tendencia de la producción de semillas de Pt a las altas temperaturas, las precipitaciones y la fuerza del viento los factores climáticos que han incidido en la geometría de la recolección de semillas en el periodo de 2006-2014, todos lo cual permitió el diseño de una estrategia basada en la genética forestal.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, E.; M. Puentes y L. Romero. 2006. *Informe Final Proyecto de Ordenación EFI Macurije*. Ministerio de la Agricultura.
- Betancourt, A. 2000. *Árboles maderables exóticos en Cuba*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 352 pp.
- Borcher, T. R. 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica* 15: 81-89.

- Calero, A. 1978. *Técnicas de muestreo*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba. 514 p.
- Calliez, A. 1980. *Predicción del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los Trópicos*. Predicción del rendimiento. Volumen 22. FAO. Roma.
- Dirección Forestal. 2015. *Informe sobre la situación de las fuentes semilleras en Cuba*. I Taller de Silvicultura, Cienfuegos, Cuba. 12p.
- Figueroa, C. 2002. *Ecología y conservación de Pinus tropicalis en bosques naturales de las Alturas de Pizarras*. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Ecológicas Universidad de Pinar del Río, Cuba- Universidad de Alicante, España.
- Forget, P. M. 1996. Removal of seeds of *Carapaprocera* (Meliaceae) by rodents and their fate in rainforest in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* .12: 751-761.
- Gholz, H. L y W. P. Cropper. 1991. Carbohydrate dynamics in mature *Pinus elliottii* var. *elliottii* trees. *Can. J. For. Res.* 21: 1742-1747.
- Gower, S. T. y Norman, J. M. 1991. Rapid estimation of leaf-area index in conifer and broad-leaf plantations. *Ecology*. 72:1896-1900
- INAF, 2012. *Documento técnico sobre la situación de las semillas forestales en Cuba*. 8p
- Margolis, H., R. Oren, D. Whitehead y M. R. Kaufmann. 1995. Leaf Area dynamics of conifer forests. In: Smith W. K. y T. M. Hinckley (Eds.). *EcoMadera y Bosques* 18(1), 2012:25-41 39 physiology of coniferous forests. Academic Press. p: 181-223.
- Newstrom, L. E.; G. W. Frankie y H. G. Baker. 1994. A new classification for lanthenology base on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*. 26 (2): 141-159.
- Notario, A. 2004. *Investigación científica en las instituciones de educación superior*. Ediciones Fundación Educativa Ensumer, Medellín, Colombia. 257 p.
- NRAG 595. 1982. *Norma ramal del ministerio de la agricultura. Tratamientos silvicultura. Coníferas y Latifolias*. Raleos en Plantaciones y bosques naturales.
- Padilla, G. 1999. *Tablas dasométricas para plantaciones de Pinus tropicalis Morelet*. Tesis (en opción de grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río.
- Peñalver, A. 1991. *Estudio del Crecimiento y Rendimiento de las plantaciones de Eucaliptus sp de la provincia de Pinar del Río*. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). UPR.
- Parde, J y J. Bouchon. 1988. *Dendrometrie*. 2º edition. Editions de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy. Francia. 328 p.
- Reich, P. B. y R. Borchert. 1984. Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 72:61-74.
- Sordo, L. 2015. *Conferencia sobre la situación de Semillas en Cuba*. I Taller de silvicultura. Semillas forestales. Cienfuegos, enero 2015.
- Suárez, M. T; L. Palenzuela y P. P. Roldán. 2002. *Manual para la Ejecución de la Ordenación Forestal*. Reelaborado basándose en el trabajo original de Alexander Eremeev- asesor internacional del equipo técnico de Ordenación Forestal. 103 p.
- Linera, W y J. Meave. 2002. *Patrones fenológicos* pp 407-413. en Quariaguata, M. R. y G. H Kattan (eds). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. librouniversitrio regional, Costa Rica.
- Wright, S. J y Van Schaik. 1994. Light and the phenology of Tropical. *American Naturalist*. 143 (1):192-199.



TRABAJO CIENTÍFICO

Pérdida de peso durante la descomposición de hojas de *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch en plantaciones de diferentes edades

*Leaves weight loss in plantations of different ages of *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch*

Mendoza, C. A.¹; P. Regner²; M. B. Turrión^{2,3}; V. Pando^{2,3} y P. G. Aceñolaza³

Recibido en abril de 2017; aceptado en julio de 2017

RESUMEN

El pecán (*Carya illinoensis*) es una especie arbórea productora de frutos de interés comercial, su crecimiento en los últimos años fue notable en Argentina. Conocer los ciclos de materia orgánica de éste cultivo contribuirá a generar estrategias de manejo productivo eficientes. En este contexto, bajo la hipótesis que las condiciones microclimáticas internas de una plantación son cambiantes a lo largo de su desarrollo y que estos cambios influirían en la velocidad de descomposición de la hojarasca, se planteó como objetivo del presente trabajo estudiar la influencia de la edad de una plantación sobre la tasa de descomposición del desfronde. A lo largo de un año y medio se estudiaron 3 plantaciones de 7, 12 y 16 años de edad. Se determinó que el tiempo para descomponer el 50 % de la materia orgánica varía entre 0,4 y 0,6 años según la edad del bosque y entre 4 y 6 años para descomponer el 99 % de la hojarasca, siendo siempre las tasas menores las que corresponden a bosques de mayor edad. Del análisis del patrón temporal de descomposición, se observa que no hay diferencias significativas entre las edades para las etapas iniciales de la plantación, diferenciándose solo en etapas finales del estudio. Se concluye que las diferencias en las tasas de descomposición de hojas en bosques de distintas edades se asocian a sus diferentes coberturas, siendo la mayor tasa de descomposición en plantación joven que recibe mayor radiación solar a nivel de suelo.

Palabras claves: Descomposición; Hojas; Bosques de nuez pecan.

ABSTRACT

The Pecan (*Carya illinoensis*) is a fruit tree species of commercial interest whose cultivation increased notably in Argentina few years ago. To generate efficient productive management strategies, it is important to study its organic matter and nutrient cycles. In this context and, under the hypothesis that the internal microclimatic conditions of a plantation vary throughout its development and that these changes would influence the decay rate of litter, the present study aimed to determine the influence of plantation age on leaves decay. Along a year and a half, 3 plantations aged 7, 12 and 16 years were studied. It was determined that the time in which 50 % of the organic matter decomposes varies between 0.4 and 0.6 years while 99 % of the litter takes 4 and 6 years to decompose depending on the forest age, corresponding the lower rates to the older plantations. Out of the analysis of the decay temporal pattern, it is observed that though non-significant differences occurred between the ages at the initial stages of decay they do differ at the final stages of the study. It is concluded that the differences in leaf decomposition rates in forests of different ages are associated to their different covers, being the highest rate of decomposition that of the young plantation receiving more solar radiation at soil level.

Key words: Decomposition; Leaves; Pecan tree.

¹ Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos. Empalme Neid, Villaguay 3240. Entre Ríos, Argentina.

² E.T.S.I.A.A., Campus Palencia. University of Valladolid. Avda. Madrid, 57. Palencia 34071 España.

³ Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción / Centro Regional de Geomática / Universidad Autónoma de Entre Ríos y Facultad de Ciencias Agropecuarias / Universidad Nacional de Entre Ríos. Materi y España, (3105) Diamante, Entre Ríos, Argentina. E-mail: acenolaza@gmail.com.

1. INTRODUCCIÓN

La descomposición es un proceso biológico por el cual se transforman las sustancias orgánicas en inorgánicas, siendo el aporte de hojarasca y su posterior mineralización un proceso de retroalimentación positiva para la productividad del bosque (Gallardo y Merino, 2007). Como proceso biológico se encuentra regulada por factores del ambiente físico tales como la temperatura, la humedad, la radiación ultravioleta, las características fisicoquímicas del suelo, el ambiente biótico tales como la cantidad y calidad de la hojarasca, las características de las comunidades de invertebrados y microorganismos presentes en el suelo y la cantidad y frecuencia del aporte de hojarasca al suelo entre otras Mungai y Motavalli, 2006; Carrera *et al.*, 2009).

Para algunos autores el patrón general en la pérdida de peso de la hojarasca durante la descomposición comprende dos fases, una inicial en la cual se produce un rápido lavado de compuestos solubles y la descomposición de sustancias lábiles como azúcares, algunos fenoles, almidones y proteínas; y una segunda fase más lenta, en la cual comienza la descomposición de sustancias recalcitrantes tales como celulosa, hemicelulosa, taninos y lignina (Aceñolaza y Gallardo Lancho, 1994; Arellano *et al.*, 2004; Goma-Tchimbakala y Bernhard-Reversat, 2006). Asimismo la tasa de descomposición, visualizada como pérdida de peso seco de hojarasca, está afectada por una serie de variables ambientales relacionadas a la edad del bosque (Aceñolaza y Gallardo, 1994).

Como antecedente de estudios de descomposición de hojas en el área de estudio, se destacan los efectuados para especies nativas (xerófilas) del Espinal Mesopotámico (Mendoza, 2015); sin embargo existen pocos antecedentes específicos para *Carya illinoensis* (Wang.) K. Koch (Mungai y Motavalli, 2006) y ninguno para la región.

El cultivo de *C. illinoensis* se introduce alrededor de la década del cincuenta en el Delta del Paraná (Madero *et al.*, 2007), y posteriormente se comenzó a expandir en diversas regiones del país. Esta especie, originaria de Norteamérica, es cultivada para la obtención de un fruto seco de alto valor comercial, y con un creciente interés regional (Castillo *et al.*, 2013).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la descomposición de hojas de *C. illinoensis* en bosques cultivados de diferentes edades, bajo la hipótesis que, el incremento en la cobertura de la canopia forestal induce cambios a nivel de sotobosque que influyen en la tasa de descomposición. Una mayor cobertura vegetal generaría un microambiente más húmedo a nivel de suelo y con menor radiación solar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en parcelas comerciales de *C. illinoensis* situados en el departamento de Villaguay, provincia de Entre Ríos, Argentina.

El clima es templado húmedo; las precipitaciones medias anuales son de 1000 mm año⁻¹ (INTA, 2000); las lluvias se distribuyen uniformemente a lo largo del año, pero con incrementos en otoño y primavera. La temperatura media anual es de 16 °C; la media del mes más frío 11°C (Julio) y del mes más cálido 25 °C (Febrero), (Figura 1).

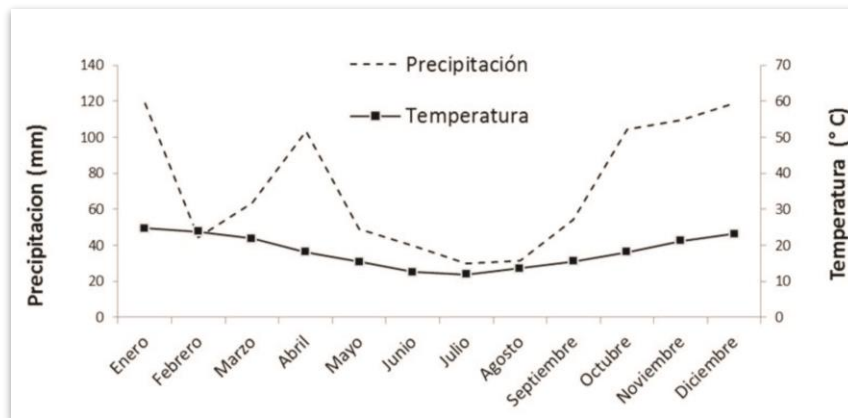


Figura 1. Precipitación y temperatura media mensuales para el departamento de Villaguay
Fuente INTA, 2000

Los suelos son de textura arcillosa, profundos, con escaso drenaje, con concreciones calcreas a partir de los 60 cm de profundidad y deficitarios en P asimilable. Taxonómicamente los suelos del área de estudio corresponden al orden *Vertisol*, con pH levemente ácido ($6,3 \pm 0,7$) y contenido de materia orgánica de $5,4 \pm 3,0$ %, dependiendo del uso del suelo (INTA, 2000).

La vegetación natural del área de estudio corresponde a la Provincia Fitogeográfica del Espinal, Distrito del Ñandubay (Cabrera, 1994) y los bosques nativos dominados por especies arbóreas tales como *Prosopis nigra*, *Prosopis affinis* y *Acacia caven* tienen un uso silvopastoril (Mendoza *et al.*, 2012; 2014a; 2014b). La implantación de bosques cultivados de *C. illinoensis* en la región, tiene por finalidad la producción de frutos para su comercialización (nuez pecan).

Caracterización de los bosques de *C. illinoensis*. Los bosques estudiados poseen un marco de plantación de 10 x 10 m. Las diferentes edades de los bosques están delimitadas espacialmente y fueron identificados como Bosque 1 (7 años de edad, B_1), Bosque 2 (12 años de edad, B_2) y Bosque 3 (16 años de edad, B_3); las características dasonómicas y sus aportes de hojarasca se detallan en el Tabla 1.

Tabla 1. Características dasométricas de los bosques de *C. illinoensis*.

Bosque	D (árboles ha ⁻¹)	Edad (año)	AB (m ² ha ⁻¹)	DAP (cm)	h (m)	Cob (%)	Ah (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)
B_1	121	7	2,2	14,9	6,2	41	568
B_2	121	12	10,7	31,1	11,5	72	2649
B_3	121	16	13,1	36,3	12,1	98	2569

D (densidad), AB (área basal), DAP (diámetro a la altura del pecho) h (altura), Cob (cobertura), Ah (aporte de hojarasca).

Metodología de estudio

Se empleó la técnica estandarizada de bolsas de descomposición o “litter bags” (Aceñolaza y Gallardo, 1994; Carranza *et al.*, 2012) que consiste en la colocación de hojarasca de peso conocido en bolsas de descomposición que se retiran a lo largo del tiempo por dos años. A tal fin se dispusieron un total 84 muestras (28 por cada bosque) en dimensiones de 20 x 20 cm² con malla plástica de 1,5 mm de luz con 3,00 g (peso seco) de hojas recolectadas en otoño desde la copa de árboles y sin signos de enfermedades. Posteriormente se dispusieron sobre el suelo bajo la copa de árboles en cada bosque de *C. illinoensis* para simular condiciones naturales de descomposición. Las mismas se fueron retirando progresivamente y al azar (4 bolsas por bosque) con una frecuencia de 6, 27, 67, 137, 308, 373, 468 días desde el inicio del ensayo. En cada fecha de muestreo, se determinó peso seco remanente de las bolsas retiradas de la parcela (Santa Regina *et al.*, 1997 y Palma *et al.*, 2002) limpiando los residuos de hojas con aire, secándolos a una temperatura de 80 °C durante 3 h y pesando la materia seca con balanza electrónica de acuerdo al procedimiento propuesto por Chapman y Pratt (1979).

Ajuste de las curvas de descomposición

Se determinó el índice de descomposición k de acuerdo al modelo modificado de Olson (1963), que se observa en la Ecuación 1:

$$X_t/X_0 = a e^{-kt} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde: X_t : peso seco del material remanente en un tiempo t (g), X_0 : peso seco inicial (g), a : parámetro de la fracción lábil, k : constante de descomposición (año⁻¹), t : tiempo transcurrido (año).

A partir de la k , se calculó la vida media o tiempo necesario en años para alcanzar una descomposición del 50 % y del 99 % del material de partida ($t_{50\%} = 0,6931/k$ y $t_{99\%} = 6,9077/k$) y la velocidad inicial de pérdida de peso (ak) (Arunachalam y Singh, 2002).

Una vez ajustadas las curvas de descomposición se determinaron los coeficientes “ r^2 ” para estudiar la bondad del ajuste.

Análisis de los resultados

Para comparar los valores obtenidos de cada una de estos cuatro parámetros (k , $t_{50\%}$, $t_{99\%}$ y ak) entre los tres bosques, se utilizó un análisis de la varianza de un factor con la formulación habitual $y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$, siendo α_{ij} el efecto del bosque i y ε_{ij} el error aleatorio con $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$. Para la comparación de las medias estimadas en cada bosque se utilizó el test HSD de Tukey con un nivel de significación de 0.05.

Además se ha utilizado un modelo lineal mixto de análisis de la varianza con un factor inter-sujetos (bosque) con cuatro réplicas y un factor intra-sujetos de medidas repetidas (tiempo), con el fin de conocer el efecto de la edad de plantación (tipo de bosque) y el del tiempo transcurrido en la descomposición de las hojas. La formulación matemática del modelo fue la siguiente:

$$Y_{ij;t} = \mu + \alpha_i + \tau_t + \alpha\tau_{it} + \varepsilon_{ij;t}$$

con $i = 1, 2, 3$ para los tres bosques; $j = 1, 2, 3, 4$ para las cuatro muestras dentro de cada bosque, $t = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ y 7 para los tiempos de medición, y siendo:

$Y_{ij;t}$ = peso de la muestra j en el bosque i en el tiempo de medición t .

μ = efecto de media general.

α_i = efecto principal del bosque i .

τ_t = efecto principal del tiempo t .

$\alpha\tau_{it}$ = efecto de interacción del bosque i con el tiempo de medición t .

$\varepsilon_{ij;t}$ = error aleatorio para el peso de la muestra j en el bosque i en el tiempo de medición t .

Las hipótesis del modelo fueron:

$$\varepsilon_{ij;t} \sim N(0, \sigma_t^2).$$

$$\text{Cov}(\varepsilon_{ij;t}, \varepsilon_{i'j't'}) = \begin{cases} \rho\sigma_t\sigma_{t'} & \text{si } i = i', j = j', t \neq t' \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

La estructura de varianzas del modelo lineal mixto contiene por tanto 6 parámetros de varianza que fueron estimados por el método de máxima verosimilitud restringida (REML). Las comparaciones entre las medias estimadas por el modelo se hicieron utilizando test t individuales con nivel de significación 0,05. La normalidad de los residuales studentizados del modelo se analizó utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov, que proporcionó un p -valor mayor que 0,15.

3. RESULTADOS

Pérdidas de peso en bosques de diferentes edades

Comparando las pérdidas de peso de las hojas colocadas en bolsas de descomposición desde el inicio hasta los 67 días, los porcentajes de peso seco residuales oscilaron en torno al 80 %. Los porcentajes de peso remanente en las bolsas de descomposición estuvieron en torno al 50 % a los 137 días del inicio del ensayo y hacia la finalización (468 días) los valores oscilaron entre el 5 y el 13 % (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de peso remanente de las hojas en bosques de *C. illinoensis* (B_1 , B_2 y B_3) Media $\pm$ (desviación estándar) con $n = 4$.

Tiempo (días)	0	6	27	67	137	308	373	468
B_1	100 (± 0)	100 (± 0)	92 (± 2)	78 (± 7)	49 (± 7)	22 (± 4)	18 (± 2)	5 (± 2)
B_2	100 (± 0)	100 (± 0)	93 (± 2)	80 (± 1)	54 (± 5)	34 (± 7)	21 (± 4)	8 (± 3)
B_3	100 (± 0)	100 (± 0)	93 (± 3)	75 (± 6)	58 (± 2)	41 (± 9)	36 (± 6)	13 (± 3)

Las tasas de descomposición de las hojas evaluadas por el índice k , registraron valores de 1,85; 1,55 y 1,21 año⁻¹ en los B_1 , B_2 y B_3 (con diferencias significativas entre sí, Tabla 3), indicando una máxima velocidad de descomposición en el B_1 (bosque más joven) y mínima descomposición en el B_3 (bosque de más edad), con valores intermedios en el B_2 (bosque intermedio). El parámetro a alcanzó un valor en torno a 1,0 indicando que el 100 % de la fracción de hojas interviene en la descomposición. Además, sólo mostró diferencias significativas entre B_1 y B_3 , con valores intermedios en B_2 (Tabla 3).

El tiempo que tardaría en descomponerse la mitad de las hojas de *C. illinoensis* expresado como $t_{50\%}$ fue de 0,37; 0,45 y 0,58 años para B_1 , B_2 y B_3 ; respectivamente (con diferencias significativas entre sí) mientras que el tiempo estimado para la descomposición del 99 % sería de 3,7; 4,4 y 5,7 años para B_1 , B_2 y B_3 ; respectivamente (con diferencias significativas entre sí; Tabla 3). Coherentemente con los parámetros $t_{50\%}$ y $t_{99\%}$, las velocidades iniciales en las pérdidas de peso expresadas como ak fueron máximas en B_1 y mínimas en B_3 , con diferencias significativas entre bosques (Tabla 3).

El modelo de regresión ajustado para la estimación de la descomposición de las hojas tuvo coeficientes de determinación r^2 altos que oscilaron entre 0.96 y 0.98, lo cual denotó que el modelo fue apropiado para el análisis de dichos datos (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de la descomposición en hojas de *C. illinoensis* obtenidos de ajustar los datos a la Ecuación 1.

	n	a	k (año ⁻¹)	t _{50%} (año)	t _{99%} (año)	ak (año ⁻¹)	r ²
B_1	4	1,03 (±0,02) a	1,85 (±0,14) a	0,37 (±0,05) c	3,7 (±0,5) c	1,90 (±0,16) a	98,57
B_2	4	1,02 (±0,02) ab	1,55 (±0,15) b	0,45 (±0,05) b	4,4 (±0,5) b	1,58 (±0,16) b	98,22
B_3	4	0,99 (±0,01) b	1,21 (±0,14) c	0,58 (±0,05) a	5,7 (±0,5) a	1,21 (±0,16) c	96,25

Siendo a parámetro adimensional; $t_{50\%}$ y $t_{99\%}$ (tiempo en años para alcanzar una descomposición del 50% y del 99% respectivamente) y ak (velocidad inicial de pérdida de peso). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre bosques.

Patrones de pérdida de peso entre bosques. Analizando el patrón temporal en la pérdida de peso por descomposición de hojas de *C. illinoensis* (Fig. 2), se observa que la misma registró disminuciones a tasas similares en la mayoría de los puntos analizados, a excepción de los B_1 y B_3 que, durante el último tramo del proceso de descomposición, a partir del invierno del año 2015.

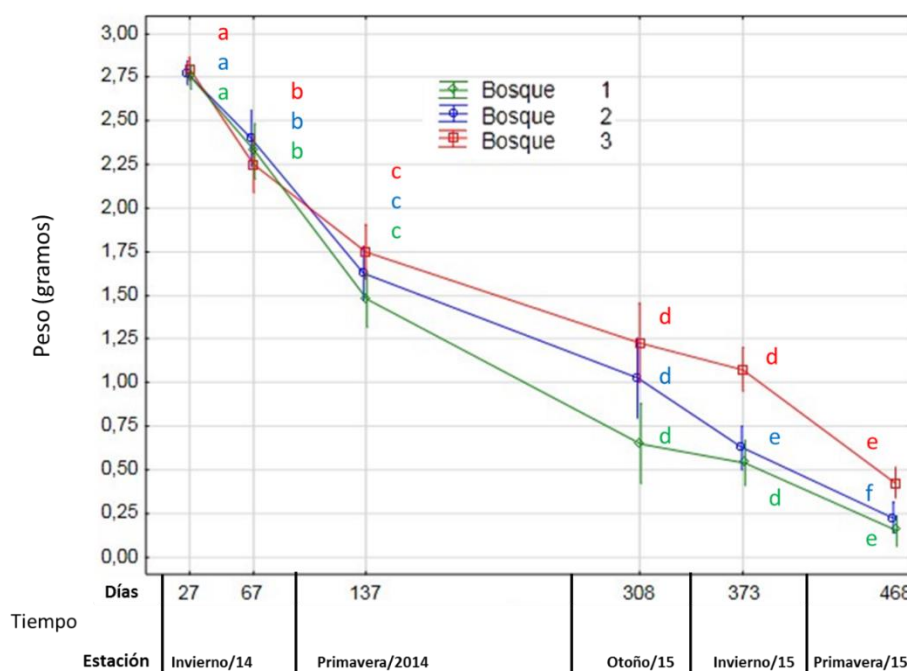


Figura 2. Dinámica de la descomposición de hojas de *C. illinoensis*. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso remanente de las hojas para diferentes momentos en cada bosque.

4. DISCUSION

Tasas de descomposición en bosques de diferentes edades. El valor medio de la k ($1,5 \text{ año}^{-1}$) hallado para la secuencia de bosques de *C. illinoensis* en Entre Ríos (Argentina) fue menor respecto al $3,2 \text{ año}^{-1}$ hallados por Mungai y Motavalli (2006) para la fracción recalcitrante de la misma especie cultivada en el centro norte de Missouri (EEUU). Estas diferencias observadas en los valores de k para una misma especie cultivada en diferentes regiones geográficas, podrían estar influenciadas por la variable clima ya que, si bien ambos sitios poseen características similares en precipitaciones, la temperatura media anual de Missouri es menor por encontrarse en una situación de mayor continentalidad y con 6 grados de latitud más que el sitio del presente estudio.

Los valores de k hallados para estos bosques de *C. illinoensis* cultivados en un clima templado (Tabla 3) fueron superiores a los valores de referencia que oscilaron entre 0,08 y 0,47 año^{-1} , para especies de regiones templadas propuestos por Melillo et al. (1982) y Aerts (1997).

Comparando las tasas de descomposición de *C. illinoensis*, respecto a la descomposición de hojas de especies nativas tales como *Acacia caven* (Molina) Molina, *Prosopis affinis* Spreng., *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron.; típicas de la vegetación del Espinal Mesopotámico (Mendoza, 2015), se observó una mayor descomposición en *C. illinoensis* ($k = 1,5 \text{ año}^{-1}$) del orden del doble respecto al valor medio observado en nativas ($k = 0,8 \text{ año}^{-1}$). Esto mismo, fue probado para otras especies leñosas en bosques de Yungas (Tucumán, Argentina) cuando se comparó la descomposición entre exóticas y nativas (Fernández y Aragón, 2014). Si bien los estudios que compararon la descomposición de hojas de especies exóticas versus nativas parecerían indicar que en general las exóticas se descompondrían más rápido; en ecosistemas mediterráneos de España (Godoy et al., 2010) se concluyó que los factores de mayor incidencia en las tasas de descomposición fueron la composición química referida al contenido de lignina y la relación carbono/nitrógeno. Además, los valores del parámetro “a” obtenido en el ajuste al modelo de Olsen de la descomposición de las hojas de *C. illinoensis* corrobora que el 100 % del material utilizado en el ensayo interviene en el proceso de descomposición, al presentar este parámetro un valor en torno a 1,0.

Las diferencias halladas entre los valores de k en bosques de *C. illinoensis* de diferentes edades (Tabla 3), se atribuyeron a los porcentajes de cobertura de copa observada entre bosques (Tabla 1), siendo el parámetro dasonómico más influyente en las condiciones microclimáticas al interior de cada bosque, modificando la radiación indecente sobre el suelo y en consecuencia la temperatura del suelo bajo copa. Todos estos factores fueron descriptos por Mungai y Motavalli (2006) como variables a considerar en el proceso de descomposición. Consecuentemente, la mayor k de descomposición en B_1 se asoció a una menor cobertura de copa asociada a una mayor radiación solar y una mayor temperatura, posibilitando más actividad biológica de los descomponedores; en contraposición a lo sucedido en el B_3 donde las condiciones de mayor cobertura se relacionaron a una menor actividad biológica.

Los resultados observados sugieren que la cobertura variable entre bosques, con una radiación incidente variable, determinarían distintas temperaturas a escala de micrositio, siendo el factor más influyente en comparación con la humedad edáfica que permanecería más o menos constante debido a que las precipitaciones se distribuyen uniformemente a lo largo del año (Fig. 1). Sin embargo, en contraposición a lo observado para nuestro estudio, (Mungai y Motavalli, 2006) no encontraron diferencias en las pérdidas de peso cuando compararon la descomposición de hojas de *C. illinoensis* bajo la conopia y fuera de la canopia. Aceñolaza y Gallardo (1994) describieron diferencias altamente significativas en los índices de descomposición del bosque maduro de *Alnus acuminata* H.B.K. respecto al bosque joven y senil; siendo mayor la descomposición en hojas de etapas iniciales y finales donde su cobertura fue menor y por consiguiente un mayor ingreso de luz al nivel de suelo; los autores asociaron esta situación a mejores condiciones de temperatura para los descomponedores.

Las diferencias en las velocidades de descomposición asociadas a las diferentes coberturas arbóreas descritas en *C. illinoensis*, también fueron halladas para otras especies exóticas por Kourtev *et al.* (2002), quienes concluyeron que solo algunas especies registraron distintas velocidades en la descomposición cuando la cobertura es variable. Estas variaciones microclimáticas al interior de los bosques, que inciden en los procesos de descomposición de hojas, fueron expuestas por Bahamonde *et al.* (2009).

Patrones en la descomposición de hojas entre bosques. En los tres bosques se observaron máximas velocidades de descomposición hasta los 137 días (Fig. 2); lo cual fue coherente con los análisis de Coleman *et al.* (2004) quienes plantearon que durante los estados iniciales (primeras semanas) la velocidad de descomposición se acelera debido a la lixiviación de compuestos solubles y al desarrollo de poblaciones microbianas que empiezan a consumir los compuestos que son fácilmente degradables. Esto también se atribuye a que el material utilizado fue solamente hojas, no considerándose las demás fracciones de la hojarasca que contienen más lignina (como la fracción tallos) que suele tener mayor resistencia a la descomposición, como fue estudiado por Ibarra *et al.* (2011).

El patrón de las pérdidas de peso entre bosques no tuvieron diferencias significativas entre los 27 y 67 días de estudio; con porcentajes de hojas remanentes (a los 67 días) que oscilaron entre un 22 y 25 % (diferenciándose significativamente entre B₁ y B₃; Fig. 2); lo cual tuvo similitud con estudios realizados en otras especies exóticas como *Ligustrum lucidum* y *Morus alba* pertenecientes a un bosque serrano de Córdoba, Argentina, que tuvieron pérdidas de peso después de 43 días de entre un 15 % y 30 % (Furey *et al.*, 2014). Se registraron diferencias significativas entre bosques a partir de los 137 días, acentuándose hacia la finalización del estudio las diferencias B₃ (con una menor tasa de descomposición) respecto a los demás (Fig. 2). Las mayores tasas de pérdida de peso seco del bosque joven B₁ implican rápida mineralización y por lo tanto mayores tasas de retorno de nutrientes al suelo en etapas iniciales, que se ralentizan con la edad del monte productivo.

5. CONCLUSIONES

Se concluye que, las diferencias significativas en las tasas de descomposición de hojas en bosques de diferentes edades de *C. illinoensis*, se asocian a las diferentes coberturas arbóreas; conjeturando que las mejores condiciones para la descomposición de hojas en B₁, se relacionaron con mayores temperaturas edáficas superficiales vinculadas a una mayor radiación solar, posibilitando una mayor actividad biológica para los descomponedores.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceñolaza, P. G. y J. F. Gallardo. 1994. Pérdida de peso seco en hojarasca de *Alnus acuminata* en la provincia de Tucumán (Argentina). *Bosque* 15:51-54.
- Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos* 79:439-449.
- Arellano, R.; Paolini J.; Vásquez L. y E. Mora. 2004. Producción y descomposición de hojarasca en tres agroecosistemas de café en el estado de Trujillo, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 48:7-14.
- Arunachalam, A. and N. D. Singh. 2002. Leaf litter decomposition of evergreen and deciduous *Dillenia* species in humid tropics of north-east India. *Journal of Tropical Forest Science* 14:105-115.

- Bahamonde, H. A.; Peri P. L.; Martínez Pastur G. y V. Lencinas. 2009. *Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de Nothofagus antarctica en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur*. En Primer congreso silvopastoril, Posadas, Misiones, Argentina mayo de 2009. Actas: 289-296.
- Cabrera, A. L. 1994. *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería (1). Ed. ACME, Buenos Aires. 505 pp.
- Castillo, I. O.; Sangerman-Jarquín D. M.; Hernández M. F.; Vázquez C. V. and M. A. Gallegos Robles. 2013. Production and marketing of pecan nuts (*Carya illinoensis*) in northern Coahuila, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 461-476.
- Carranza, C.; Noé L.; Merlo C.; Ledesma M. y A. Abril. 2012. Effect of forest clearing type on the decomposition of native and introduced pastures in the Arid Chaco, Argentina. *RIA* 38:97-107.
- Carrera, A. L.; Mazzarino M. J.; Bertiller M. B.; Del Valle H. F. and E. M. Carretero. 2009. Plant impacts on nitrogen and carbon cycling in the Monte phytogeographical province, Argentina. *Journal of Arid Environments* 73:192-201.
- Chapman, H. D. y P. F. Pratt. 1979. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Ed. Trillas. México. 450p.
- Coleman, D. C.; Crossley D. A. and P. F. Hendrix. 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*. Second Edition. Elsevier Academic Press. San Diego. 386 p.
- Fernández, R. D. y R. Aragón. 2014. Descomposición de hojarasca de las especies leñosas nativas y exóticas más abundantes del pedemonte de las Yungas, Tucumán, Argentina. *Ecología austral* 24:286-293.
- Furey, C.; P. A. Tecco; N. Perez-Harguindeguy; et al. 2014. The importance of native and exotic plant identity and dominance on decomposition patterns in mountain woodlands of central Argentina. *Acta Oecologica* 54:13-20
- Gallardo, J. F. y A. Merino. 2007. El ciclo del carbono y la dinámica de los sistemas forestales. In: Bravo, F. (Coord.). *El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático*. Fundación Gas Natural, Barcelona. 43-64 p.
- Godoy, O.; P. Castro-Díez; R. S. P. Van Logtestijn; et al. 2010. Leaf litter traits of invasive species slow down decomposition compared to Spanish natives: a broad phylogenetic comparison. *Oecologia* 162:781-790.
- Goma-Tchimbakala, J. and F. Bernhard-Reversat. 2006. Comparison of litter dynamics in three plantations of an indigenous timber-tree species (*Terminalia superba*) and a natural tropical forest in Mayombe, Congo. *Forest Ecology and Management* 229:304-313.
- Ibarra, M.; J. Caldentey and A. Promis. 2011. Descomposición de hojarasca en rodales de *Nothofagus pumilio* de la región de Magallanes. *Bosque*, 32(3): 227-233
- INTA. 2000. *Carta de suelos de la República Argentina*. Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos. Departamento Villaguay. Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. 270pp.
- Kourtev, P. S.; J. G. Ehrenfeld and W. Z. Huang. 2002. Enzyme activities during litter decomposition of two exotic and two native plant species in hardwood forests of New Jersey. *Soil Biology Biochemistry* 34:1207-1218.
- Madero E.; E. A. Frusso y E. Casaubon. 2007. *Producción de Pecán en Argentina: Manejo del Cultivo*. ISBN 978-987-05-3647-5. 27 pp.
- Melillo, J. M.; J. A. Aber and J. F. Muratore. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf decomposition. *Ecology* 63: 621-626.
- Mendoza, C.; J. F. Gallardo; P. G. Aceñolaza; M. B. Turrión y V. Pando. 2012. Producción de hojarasca de bosques pertenecientes a una secuencia sucesional del Espinal Mesopotámico (R. Argentina). En: Gallardo J.F. (Coord.), *Aguas, suelos y vegetación en cuencas iberoamericanas*. SiFyQA, Salamanca. 177-196 pp.

- Mendoza, C. A.; M. B. Turrión; P. G. Aceñolaza; J. F. Gallardo y V. Pando. 2014a. Retranslocación de nutrientes en especies dominantes de bosques del Espinal Mesopotámico (Argentina). *Bosque* 35(2):185-193.
- Mendoza, C. A.; M. B. Turrión; P. G. Aceñolaza; J. F. Gallardo y V. Pando. 2014b. Temporal evolution of litterfall and potential bio-element return in a successional forest sequence of the Espinal Ecoregion, Argentina. *Forest Systems* 23(3):411 – 424.
- Mendoza, C. A. 2015. *Distribución y dinámica espacio-temporal del Carbono y nutrientes en un paisaje rural del Espinal Mesopotámico*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales. 250pp.
- Mungai, N. W. and P. P. Motavalli. 2006. Litter quality effects on soil carbon and nitrogen dynamics in temperate alley cropping systems. *Applied Soil Ecology* 31:32-42.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and balance of producers and decomposer in ecological systems. *Ecology* 44:322-33.
- Palma, R. M.; J. Prause; D. Effron; A. M. De La Horra and J. F. Gallardo Lancho. 2002. Litter decomposition and nutrient release in a sub-Tropical forest de Argentina. *Journal of Tropical Forest Science* 14:223-233.
- Santa Regina, I.; M. Rapp; A. Martín and J. F. Gallardo. 1997. Nutrient release dynamics in decomposing leaf to litter in two Mediterranean deciduous oak species. *Annals of Forest Science* 54:747-760.
- SAS Institute Inc. 2005. *SAS User's Guide: Basics*, Version 9.1. Cary, NC, USA.



NOTA TÉCNICA

Plantas leñosas útiles del bosque tucumano - boliviano al suroeste de Santa Cruz, Bolivia

Useful woody plants of the Tucuman-Bolivian forest in SW Santa Cruz, Bolivia

Hurtado Ulloa R.¹ y M. Moraes Ramírez²

Recibido en enero de 2017; aceptado en septiembre de 2017

RESUMEN

El aprovechamiento de recursos vegetales por las comunidades rurales se expresa en base de beneficios de subsistencia, agricultura comercial y extracción masiva de productos entre algunos. El bosque tucumano-boliviano conforma la provincia biogeo-gráfica de Yungas en las laderas orientales de los Andes con elevada diversidad de especies bajo un régimen climático subtropical; en Bolivia se distribuye desde el nudo de Amboró en el centro de Bolivia hacia el sur hasta Tarija para luego continuar en Tucumán, Argentina. El estudio analizó las especies de plantas leñosas que son útiles en dos comunidades: de Loma Larga y Masicurí (SW Santa Cruz). Se evaluaron la riqueza, abundancia, área basal y valor de uso de especies leñosas utilizadas en ambas comunidades mediante entrevistas a 36 pobladores locales y la evaluación de la vegetación en seis parcelas de 500 m² por comunidad. Se registraron 39 especies útiles en Loma Larga y 68 en Masicurí, mientras que Loma larga presenta mayor abundancia y área basal. La disponibilidad potencial de las especies maderables en el bosque maduro en riqueza, densidad y área basal es elevada. Las categorías de uso combustible y construcción presentan mayor riqueza, abundancia y área basal en ambas comunidades; mientras que construcción y combustible presentaron mayor valor de uso en ambas comunidades. La valoración de las especies por los pobladores de Loma Larga y Masicurí depende del número de especies presentes, su mayor cantidad y que presenten mayor diámetro de tronco por lo que también existe selección de los recursos que necesitan aprovechar. Las preferencias de los pobladores por los recursos disponibles en los bosques están asociadas con las categorías de uso, es decir de sus distintas alternativas de utilización.

Palabras clave: Bosques andinos; Comunidades campesinas; Etnobotánica; Plantas leñosas; Bolivia.

ABSTRACT

The use of plant resources by rural communities is expressed on the basis of subsistence benefits, commercial agriculture and massive extraction of products among others. The Tucuman-Bolivian forest conforms the biogeographic province of Yungas on the Andean eastern slopes that shows high diversity of species under subtropical climate regime. In Bolivia, it spreads from the Amboró knot in central Bolivia to the south up to Tarija and then continues in Tucumán, Argentina. This study analyzed the species of woody plants that are useful in two communities: Loma Larga and Masicurí (SW Santa Cruz). Their richness, abundance, basal area and use value were evaluated through interviews to 36 local people while vegetation assessment was carried out in six 500 m² plots per community. There were 39 useful species in Loma Larga and 68 in Masicurí, while Loma larga showed higher abundance and basal area. The potential availability of timberable species in mature forest in terms of richness, density and basal area is high. The categories for fuel use and construction present greater richness, abundance and basal area in both communities; while those for construction and fuel use had greater use value in both communities. The assessment of the species by the people of Loma Larga and Masicurí depends on the number of species present, their major quantity and if they present a larger trunk diameter so there is also a selection of resources that need to take advantage of. Use categories are good predictors of trends to understand the preferences of available forest resources.

Keywords: Andean forests; Peasant communities; Ethnobotany; Woody plants; Bolivia.

¹ Herbario Nacional de Bolivia. Calle 27 Cota Cota s/n, La Paz, Bolivia. E-mail: rosemberh@gmail.com

² Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés. Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia.

1. INTRODUCCIÓN

La estrategia de interacción del medio ambiente y las poblaciones humanas en áreas rurales es multifacética, porque las características culturales de dicha relación varían entre sociedades y personas (Carretero, 2005). Éstas basan su existencia en el aprovechamiento directo de recursos vegetales (Campbell y Luckert, 2002), que consiste en una combinación de la agricultura comercial, subsistencia y la extracción de recursos del bosque (Pinedo-Vásquez *et al.*, 1992; Carretero, 2005), tanto forestal como animal. En bosques tropicales es prioritario evaluar la importancia de uso del bosque para las comunidades humanas y la identificación de especies sometidas a mayor presión por explotación (Marín-Corba *et al.*, 2005), debido a la pérdida acelerada e irreparable del conocimiento sobre el uso de plantas y a la degradación de los bosques (Phillips y Gentry, 1993; Carretero, 2005; Hurtado y Moraes, 2010). A nivel mundial, se ha instado a la documentación científica de las prácticas y conocimientos culturales de las comunidades humanas como acciones de elevado significado para su conservación y rescate (Monroy-Ortiz y Monroy, 2004; Albuquerque *et al.*, 2006; Almeida *et al.*, 2006), así como identificar los indicadores sobre los esfuerzos de conservación y la distribución equitativa de los beneficios que resultan del uso y aprovechamiento (Moraes, 2011).

El bosque tucumano-boliviano, caracterizado por Cabrera y Willink (1973) como parte de la provincia biogeográfica de las Yungas, se encuentra en las laderas orientales de los Andes al sur de Bolivia y noroeste de Argentina bajo un régimen climático subtropical y presenta elevada diversidad de especies (Ibisch *et al.*, 1996, Brown y Malizia, 2004). Si bien no ha sido exhaustivamente estudiado en Bolivia (Carretero *et al.*, 2011), concentra importantes recursos forestales de interés económico (Malizia *et al.*, 2012) y la mayoría de las especies presentes en el bosque posee utilidad para las poblaciones locales (Hurtado, 2007), por lo que es prioritario evaluar cuantitativamente su disponibilidad.

En Bolivia, varios trabajos etnobotánicos anteriores a 1999 han sido realizados en base a descripciones cualitativas sobre el uso de las especies, siendo necesaria la información cuantitativa que permita hacer un análisis respecto al uso de los recursos (Vidaurre *et al.*, 2006). En el bosque tucumano-boliviano, algunos estudios etnobotánicos se han concentrado en evaluar las plantas medicinales tanto en Bolivia (Amaya-Vecht, 2011) como en Argentina (eg. Gilgert y Gil, 2006; Scarpa *et al.*, 2016). Otros estudios evaluaron el uso de plantas en su amplitud (Carretero, 2005; Carretero y Serrano, 2011; Carretero *et al.*, 2011). Hurtado y Moraes (2010) presentaron la comparación del uso de plantas nativas e introducidas de comunidades en Vallegrande (W Santa Cruz, centro de Bolivia) en función a características socioeconómicas, género y el tipo de vegetación al que se asocian; los resultados obtenidos con la presente investigación complementan la información suministrada por los autores mencionados, puesto que suman al conocimiento de los pobladores la evaluación cuantitativa de las especies mediante el uso de parcelas de muestreo.

Los objetivos del presente estudio son:

- Determinar la riqueza, abundancia y área basal de especies leñosas utilizadas en dos comunidades campesinas (Loma Larga y Masicurí) del bosque tucumano - boliviano de Vallegrande (SW del departamento de Santa Cruz, Bolivia). La hipótesis es que la comunidad de Masicurí, por su baja posición altitudinal, presenta mayor riqueza, abundancia, área basal y valor de uso de las especies leñosas útiles.
- Determinar la relación entre el valor de uso de las especies y categorías de uso con el área basal y abundancia de las especies. La hipótesis es que las especies que tienen mayor área basal y abundancia presentan mayor valor de uso.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en las comunidades de Loma Larga y Masicurí (Figura 1), a 61 km y 88 km, respectivamente, de Vallegrande (Provincia Vallegrande, SW Departamento Santa Cruz, Bolivia). La población asentada en ambas comunidades corresponde a campesinos que migraron de otros sectores de la misma región de Vallegrande y algunos de otras regiones del país; todos los habitantes hablan castellano, culturalmente de origen mestizo, se encuentran vinculadas por una carretera de tierra, existe servicio de transporte público dos veces por semana, las comunidades cuentan con tiendas de abarrotes y pequeños expendios de comida. Las costumbres y forma de vida de las personas en ambas comunidades son similares y las familias se dedican a la agricultura de subsistencia, crianza de animales domésticos, ganado vacuno y porcino.

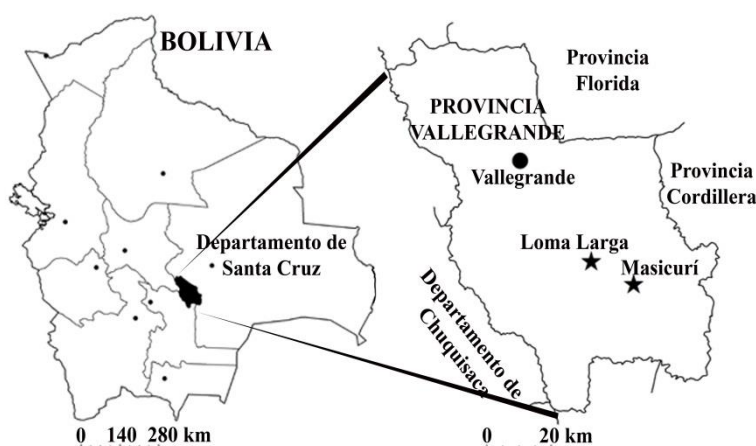


Figura 1. Localización del área de estudio en Bolivia: Comunidades de Loma Larga y Masicurí (Departamento de Santa Cruz, Provincia Vallegrande).

Loma Larga ($18^{\circ}45'S$, $63^{\circ}53'O$) se ubica en la parte alta de la serranía, entre 1.700-2.050 m. y cuenta con 136 habitantes que se dedican a la agricultura, ganadería, comercio y extracción de madera comercial de los bosques aledaños. Masicurí ($18^{\circ}49'S$, $63^{\circ}46'O$) está localizada en la orilla del Río Masicurí, en el fondo del valle, entre 700-850 m de altitud y tiene 254 habitantes que se dedican a la agricultura y ganadería como principales actividades económicas, comercio y en menor grado extracción de madera para la subsistencia. No se cuentan con datos precisos sobre la fecha de creación de ninguna de estas comunidades pero se conoce que la colonización se inició en 1956 mediante la apertura de una carretera por el ejército boliviano (IP-GTZ, 1996).

El clima en Loma Larga es húmedo y frío, ya que en la época seca (mayo-octubre) casi a diario se forma neblina que cubre las partes altas, mientras que en Masicurí es húmedo y cálido. La época de lluvias se concentra en los meses de noviembre a abril con una precipitación media anual de 1.800 mm en Loma Larga (Crespo, 1988) y en Masicurí de 1.877 mm (IP-GTZ, 1996). La temperatura promedio diaria varía según la altitud y la influencia de vientos fríos (surazos) y la media anual es de $19^{\circ}C$ en Loma Larga y de $23^{\circ}C$ en Masicurí (IP-GTZ, 1996).

La vegetación de la región corresponde al bosque tucumano - boliviano (Kessler *et al.*, 2000). En Loma Larga el bosque es siempreverde con predominio de Myrtaceae (*Blepharocalyx* O. Berg, *Myrcianthes* O. Berg), Podocarpaceae (*Podocarpus* L'Hér. ex Pers., *Prumnopitys* Phil.) y Lauraceae (*Ocotea* Aubl., *Nectandra* Rol. ex Rottb., *Phoebe* Rol. ex Rottb.). El bosque se

encuentra muy fragmentado por la expansión de los cultivos, extracción de madera y crianza de ganado (Hurtado, 2007). En Masicurí el bosque es semideciduo y está dominado por Fabaceae (*Anadenanthera* Speg., *Enterolobium* Mart., *Cyclolobium* Benth., *Piptadenia* Benth., *Parapiptadenia* Brenan, *Tipuana* (Benth.) Benth.), Anacardiaceae (*Myracrodruon* Allemão) y Bignoniaceae (*Tabebuia* Gomes ex DC.); está además de soportar a fuerte presión por la formación de nuevos cultivos y pastizales para el ganado (Hurtado, 2007).

2.1. Relevamientos etnobotánicos

El trabajo de campo se realizó de octubre 2005 a abril de 2006, período durante el cual se efectuaron entrevistas previa autorización de las autoridades comunales, colecciones de plantas y evaluación de parcelas a campo. Se entrevistaron 36 personas a las cuales se ha solicitado su consentimiento para realizar las entrevistas y previa explicación de los objetivos del estudio; fueron 16 residentes en Loma Larga (3 mujeres y 13 hombres) y 20 en Masicurí (9 mujeres y 11 hombres) entrevistados adultos. Del total de entrevistados, entre ellos cinco fueron considerados como informantes clave, los que fueron designados por cada una de las comunidades. Se utilizó la técnica de entrevista de campo (Alexiades, 1996), que consistió en la realización de recorridos por los bosques junto a los informantes. Durante esos recorridos se registraron en planillas los nombres comunes y usos de las plantas señaladas por los informantes, además de coleccionar material vegetal. Con excepción de los informantes claves se ha realizado un solo evento de entrevista con duración promedio de 60 minutos de acuerdo a la disponibilidad de tiempo de los comunarios. Los entrevistados que participaron en la investigación fueron en parte sugeridos por la comunidad y otros fueron voluntarios, se ha respetado el derecho de las personas a decidir si participa o no en la entrevista. Las preguntas de mayor importancia fueron: ¿Cuál es el nombre de la planta (observada)?, ¿Para qué se utiliza?

La vegetación fue evaluada en bosques aledaños a las comunidades estudiadas con la colaboración de los informantes clave. En cada comunidad se evaluaron las especies arbóreas con DAP ≥ 2.5 cm en seis parcelas de 50 x 10 m (500 m²). Los datos registrados para cada individuo fueron: nombre científico, nombre común, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1.30 m y área basal.

2.3. Análisis de datos

La diversidad de especies útiles se determinó mediante el índice de Shannon-Wiener:

$$H' = - \sum P_i \times \ln P_i,$$

Donde:

P_i es la abundancia relativa.

Las plantas fueron colectadas y depositadas en el Herbario Nacional de Bolivia (LPB), su identificación fue realizada mediante comparación con material determinado y con el uso de claves dicotómicas y descripciones de Gentry (1993).

Para determinar el grado del consenso en el uso de las especies y de la importancia cultural de esas plantas por las comunidades, se utilizaron los índices de valor de uso de la especie (VU_{is}) que representa el valor de uso de la especie para cada informante:

$$VU_{is} = \sum U_{is} / n_{is},$$

Donde:

U_{is} es el número de usos mencionados por el entrevistado i para la especie s , en cada evento y n_{is} es el número de eventos con informante i para la especie s .

Un evento es el proceso de pregunta de un informante en un día sobre los usos que conoce para una especie; en el caso de existir más de una entrevista a un mismo informante se han considerado entrevistas independientes.

El índice de valor de uso general (VUs) es el valor de uso promedio por informante para cada especie:

$$VU_s = \sum_i VU_{is} / n_s$$

Donde:

n_s es el número de informantes entrevistados para la especie s (Phillips y Gentry, 1993).

El valor de uso categórico se ha calculado a partir del valor obtenido de las especies en cada una de las categorías de uso.

Según la información de uso proporcionada por los informantes y a los sistemas de categorización de Cárdenas y Ramírez (2004) se sistematizaron 15 categorías de usos: 1) *artesanías* (plantas para elaborar muebles, cajas, encofrados, instrumentos musicales y adornos), 2) *cercos* (plantas usadas como postes vivos y no vivos, ramas de linderos y rejas); 3) *combustible*, leña y carbón; 4) *comestible*; 5) *construcción* (de viviendas modernas o rústicas, incluyen vigas, listones y tablas), 6) *forraje* (alimento de animales domésticos y ganado), 7) *herramientas* (mangos de herramientas agrícolas), 8) *industrial* (elaboración de lejía, aceites, jabón, velas y vino), 9) *medicina* (alivio de dolencias, enfermedades y rituales), 10) *ornamental* (plantas empleadas con fines de ornamento), 11) *otros* (usos domésticos de limpieza y creencias místicas); 12) *sombra* (plantas que se los puede encontrar dando sombra en patios de viviendas y el ganado), 13) *tóxicos* para el ganado; 14) *utensilios* de uso doméstico en la cocina (cucharas, cucharones, bateas, canastas) y 15) *veterinario* (curación de heridas, enfermedades de mascotas y ganado).

Para denotar las diferencias de la riqueza de especies, abundancia, área basal y valor de uso entre los bosques de Loma Larga y Masicurí se utilizó test de Mann-Whitney (Ayres *et al.*, 2004). Para las diferencias del valor de uso entre categorías de uso se utilizó test de Kruskal-Wallis, usando el programa BioEstat (Ayres *et al.*, 2004). Para evaluar la relación entre la abundancia y el área basal con el valor de uso de las especies y las categorías de uso, se utilizó la correlación Spearman (r_s), con el fin de determinar si la valoración de las especies y categorías de uso se da en función a la calidad (área basal) o por la disponibilidad (abundancia).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 151 especies de plantas en 0.6 ha, de las cuales 107 especies (71.0 %) tienen algún tipo de uso. En Loma Larga, en una superficie de 0.3 ha, se registraron 48 especies, incluidas en 25 familias botánicas y de las cuales 39 (81,3 %) presentan alguna utilidad. Por su parte en Masicurí, en una superficie de 0,3 ha, se relevaron 104 especies agrupadas en 35 familias botánicas, con 69 especies (66,3 %) útiles. Solo una especie (*Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg., Cannabaceae) es común en ambos sitios. Estos resultados muestran que las comunidades de Loma Larga y Masicurí están estrechamente relacionadas con los bosques aledaños, ya que obtienen de ellos numerosos productos para cubrir algunas necesidades básicas. Entre los usos generales de las comunidades en los bosques aledaños son la extracción de leña, madera para uso familiar y comercialización, sitio de forraje de ganado, fuente de frutos para alimentación entre los más importantes.

Las familias mejor representadas en Loma Larga son Myrtaceae (7 especies), Lauraceae (5), Bignoniaceae, Ericaceae, Podocarpaceae y Sapindaceae con 2 especies cada una. En Masicurí, las mejor representadas son Fabaceae (16), Bignoniaceae (5), Flacourtiaceae, Moraceae, Myrtaceae, Sterculiaceae y Urticaceae con 3 especies cada una. Las especies con mayor importancia en función al área basal y abundancia en Loma larga son *Ilex argentina* Lillo, *Prumnopitys exigua* de Laub. ex Silba, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg y *Ternstroemia asymmetrica* Rusby. Mientras que en Masicurí las especies dominantes son

Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan, *Myracrodruon urundeuva* Allemão, *Dilodendron bipinnatum* Radlk. y *Aspidosperma cylindrocarpon* Müll. Arg.

En ambas comunidades las categorías de uso con mayor número de especies son las plantas para combustible con 52 especies y para la construcción con 49 especies (Figura 2); las categorías de uso con menor número de especies son las plantas tóxicas y ornamentales (3 especies) seguidas de las de uso veterinario (2 especies) (Tabla 1).

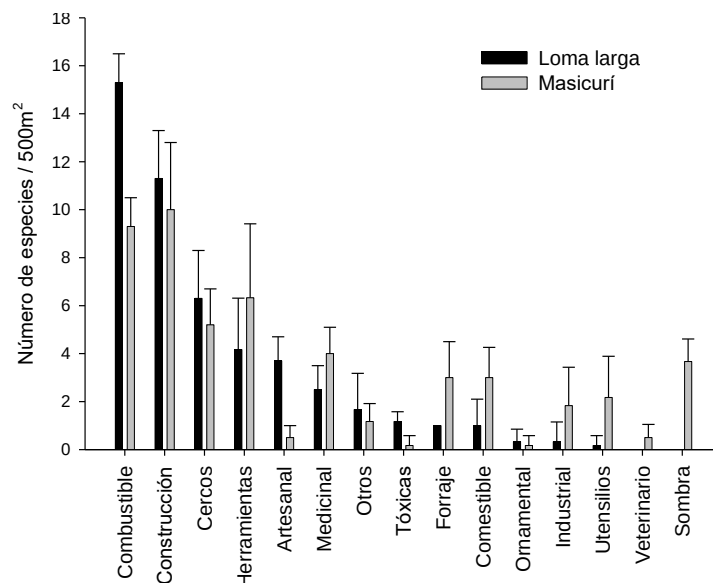


Figura 2. Promedio del número de especies por categoría de uso en las parcelas de 500 m² en las comunidades de Loma larga y Masicurí.

Tabla 1. Número de especies utilizadas y valor de uso según las categorías de uso en los bosques aledaños a Loma Larga y Masicurí, Valleggrande - Santa Cruz.

Categorías de uso	Total	Loma Larga			Masicurí		
		Número de especies	Valor de uso		Número de especies	Valor de uso	
		Nº	%		Nº	%	
Combustible	52	26	66.67	15.49	26	37.68	13.83
Construcción	49	19	48.72	27.40	30	43.48	19.60
Cercos	26	12	30.77	3.73	15	21.74	5.03
Herramientas	25	9	23.08	4.66	17	24.64	8.85
Medicinal	17	6	15.38	4.10	12	17.39	8.03
Comestible	14	4	10.26	1.12	12	17.39	7.37
Forraje	12	1	2.56	0.17	13	18.84	7.96
Industrial	11	2	5.13	1.50	9	13.04	5.06
Sombra	10	0	0.00	0.00	10	14.49	3.00
Artesanías	10	8	20.51	4.20	4	5.80	1.00
Utensilios	8	1	2.56	0.25	7	10.14	2.75
Otros	7	3	7.69	0.73	4	5.80	1.92
Tóxicos	3	2	5.13	2.53	1	1.45	0.33
Ornamental	3	2	5.13	0.67	1	1.45	0.10
Veterinario	2	0	0.00	0.00	2	2.90	2.00

Una situación similar a lo que ocurre en el Departamento de Chuquisaca en bosque tucumano-boliviano donde la categoría de uso para la construcción es predominante (Carretero *et al.*, 2011) y en bosque chaco serrano (Carretero y Serrano, 2011); en otros ecosistemas como el bosque amazónico (Chazdon y Coe, 1999) estas categorías también superan en número de especies a otras categorías de uso. Las diferencias numéricas entre las categorías se debe a que los bosques albergan especies e individuos cuyas aptitudes son apropiadas para su uso como leña y madera para uso familiar y fines comerciales, otras categorías de uso presentan valores menores como medicinal y tóxicas debido a que las especies apropiadas para dichos usos crecen mayormente en otros espacios fuera de los bosques como vegetación secundaria (Toledo y Salick, 2006; Hurtado y Moraes, 2010), bordes de cultivos, entre otros.

En Loma Larga el valor de uso entre las categorías de uso presentó diferencias significativas ($H = 29.23$; $p = 0.0001$, test de Kruskal-Wallis), siendo la categoría de construcción predominante (Figura 3), mientras que en Masicurí dichas categorías no están claramente diferenciadas ($H = 20.29$; $p = 0.042$, test de Kruskal-Wallis), ya que son ligeramente superiores a otras, aunque la tendencia es de menor variación respecto a Loma Larga (Figura 4). Comparando el valor de uso de las categorías entre comunidades, las categorías no muestran diferencias ($p > 0.05$ test de Mann - Whitney) excepto en plantas usadas para construcción que predomina en Loma Larga ($U = 3.02$; $p = 0.003$, test de Mann - Whitney). El valor de uso se correlaciona significativamente con la abundancia y el área basal de las categorías de uso en ambas comunidades, pero no se correlaciona a nivel de especies (Tabla 2).

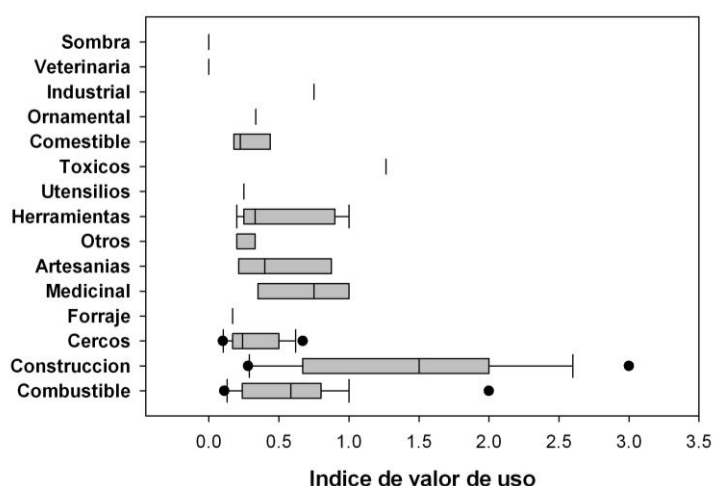


Figura 3. Variación del índice de valor de uso por cada categoría de uso en Loma larga.

En relación al número de especies en las parcelas de 500 m² se encontró que Loma Larga presenta un promedio de 20.8 ± 4.2 especies y Masicurí 26.5 ± 5.5 especies, sin diferencias significativas entre ellas ($U = 1.76$; $p = 0.08$). Masicurí utiliza diversidad mayor (2.79) de plantas leñosas que Loma larga (2.24). En las dos comunidades las especies con mayor predominancia pertenecen a las categorías de combustible y construcción (Figura 2).

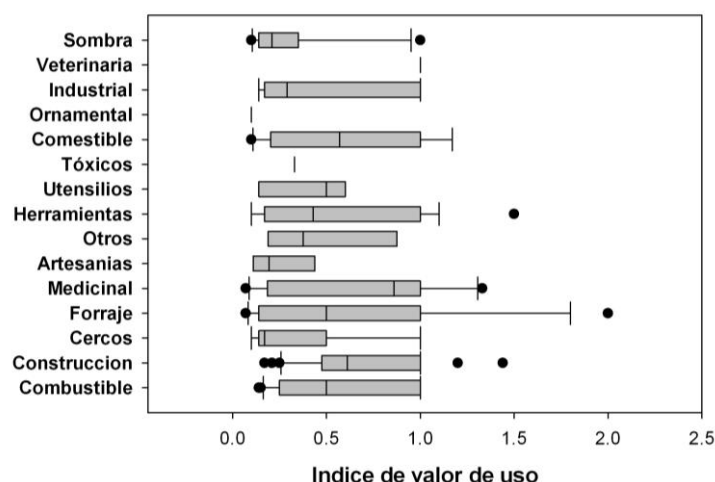


Figura 4. Variación del índice de valor de uso por cada categoría de uso en Masicurí.

Tabla 2. Correlación Spearman entre el valor de uso con el número de individuos y el área basal para especies y categorías de uso.

		Valor de Uso	
		Loma Larga	Masicurí
Especies	Número de individuos	$rs= 0.23; p= 0.1$	$rs= 0.12; p= 0.3$
	Área basal	$rs= 0.20; p= 0.2$	$rs= 0.15; p= 0.2$
Categorías de uso	Número de individuos	$rs= 0.76; p= 0.001$	$rs= 0.88; p < 0.01$
	Área basal	$rs= 0.72; p= 0.002$	$rs= 0.93; p < 0.01$

De acuerdo al número de plantas registradas en cada parcela, Loma Larga tiene en promedio 170.5 ± 10.8 individuos en 0,05 ha, siendo este valor significativamente mayor al promedio obtenido en Masicurí, donde se inventariaron 104 ± 29.7 individuos de todas las especies ($U = 2.88; p < 0.05$).

El número de individuos según las categorías de uso muestran patrones de distribución diferentes entre comunidades, así en Loma Larga existe dominancia de especies combustibles, construcción, cercos y forraje (Figura 5). Por otro lado, en Masicurí el número de individuos presenta menor variación entre sus categorías (Figura 5), donde las plantas para construcción son ligeramente mayores que las demás.

El área basal de las especies muestra diferencias significativas entre las comunidades ($U = 2.88; p < 0.05$), donde Loma Larga, en promedio presenta mayor área basal ($2.27 \pm 0.27 \text{ m}^2/0.05\text{ha}$) que Masicurí ($1.41 \pm 0.38 \text{ m}^2/0.05\text{ha}$) en cada parcela. Para ambos sitios, las categorías de construcción (2.1 m^2 en Loma Larga y 0.79 m^2 en Masicurí) y combustible (2.09 y 0.73 m^2) presentan mayor área basal respecto al resto de categorías (Figura 6).

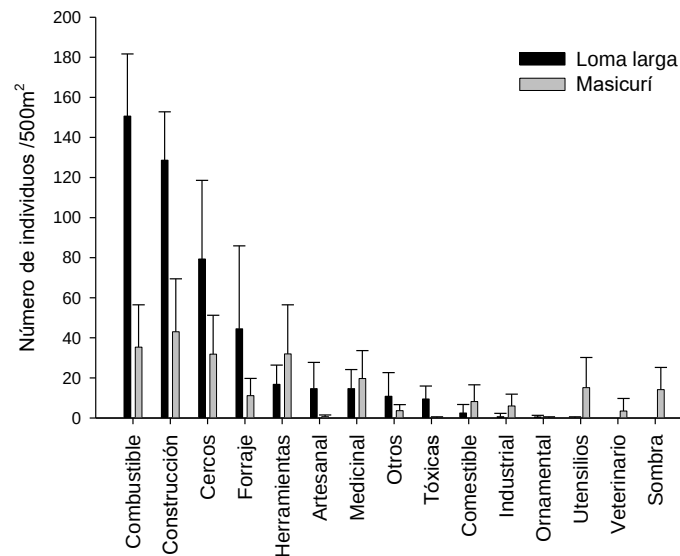


Figura 5. Número de individuos promedio por cada categoría de uso en seis parcelas de 500 m² en Loma larga y Masicurí.

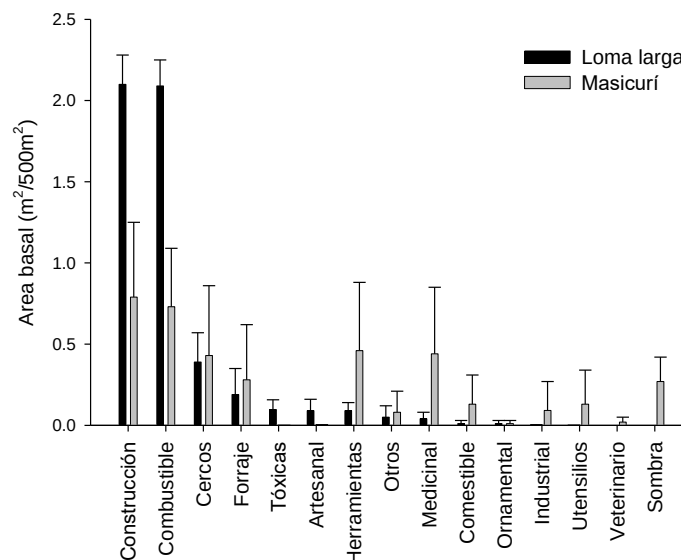


Figura 6. Promedio del área basal (m²) en parcelas de 500 m² para cada categoría de uso en Loma larga y Masicurí.

Las especies usadas para combustibles aparecen en las parcelas como las de mayor importancia por su elevado número y valor de uso. La potencialidad de estas especies es elevada por su riqueza, abundancia y área basal en los bosques (Figuras 2 a 4), cuya tendencia también ocurre en otros bosques húmedos (Chazdon & Coe, 1999; Cárdenas y Ramírez, 2004; Toledo y Salick, 2006). Estudios en el Departamento de Chuquisaca, muestran distinta tendencia donde la categoría combustible presenta reducido número de especies (Carretero *et al.*, 2011; Carretero y Serrano, 2011).

El uso de especies maderables leñosas es importante porque forma parte de las categorías de construcción, cercos, artesanías, herramientas y utensilios, cuya explotación es selectiva (Phillips y Gentry, 1993) y su importancia es mayor en Loma Larga, donde muchas familias son más dependientes de la extracción de madera. La disponibilidad potencial de las especies maderables en el bosque maduro en cuanto a riqueza, densidad y área basal es elevada (ver Figs. 2, 5 y 6). Sin embargo, la mayor parte de los individuos no tiene las características deseables

para su uso (Hurtado, 2007), por lo que deberá pasar varios años sin destrucción del bosque para poder aprovecharlos.

Con excepción de la categoría cercos y herramientas, las demás categorías de uso poseen reducido número de especies, densidad y área basal; actualmente su uso se ha reducido y ha sido reemplazado por materiales plásticos y metal por su bajo costo y mayor durabilidad. Solo eventualmente se elaboran bateas y recipientes para alimentar animales domésticos.

La presencia de plantas medicinales y comestibles es reducida en los bosques, debido a que estas predominan en la vegetación secundaria y en cultivos (Hurtado y Moraes, 2010), hábitats principales de procedencia de plantas medicinales (Toledo y Salick, 2006), por ser sitios de mayor accesibilidad (Chazdon y Coe, 1999; Thomas *et al.*, 2009). Las plantas comestibles constituyen recursos de emergencia y los consumen especialmente niños; las de mayor importancia son cultivadas (Hurtado y Moraes, 2010).

El valor de uso de las especies no se correlaciona con el área basal ni abundancia de árboles. Posiblemente se deba a que los pobladores seleccionan las plantas a usar y no necesariamente se encuentran disponibles para uso inmediato en los bosques aledaños (Hurtado, 2007). Según Marín-Corba *et al.* (2005), la valoración se asigna a las especies de mayor abundancia; en contraste, Feitosa *et al.* (2006) mencionaron que no necesariamente se valora las plantas más comunes. Al parecer el bosque tiene menor importancia para los pobladores que los cultivos, huertos y jardines (Hurtado y Moraes, 2010). El valor de uso de las categorías se correlaciona significativamente con el área basal y abundancia (Tabla 2), reflejando que las categorías de uso a comparación de las especies pueden usarse como mejores indicadores de tendencias de valoración del recurso flora por los pobladores locales.

4. CONCLUSIONES

Los pobladores de Loma Larga y Masicurí usan extensivamente los recursos vegetales disponibles del bosque. En Loma Larga los bosques concentran elevado número de especies, destinadas para combustible, construcción y aquellas que presentan aptitudes maderables donde la población dedicará mayor uso y valoración a aquellos recursos de mayor abundancia. En Masicurí el bosque alberga una mayor diversidad de especies destinadas a uso en la construcción y para combustible, aunque la amplitud de usos es más variada, disgregando la variedad de recursos disponibles para los comunarios. Mientras que en Loma larga presenta mayor abundancia y área basal de árboles.

Las categorías de uso son buenas predictivas de tendencias para entender las preferencias de los recursos disponibles en los bosques. Las comunidades campesinas de Loma Larga y Masicurí tienden a usar las plantas que tienen a su disposición en relación a su abundancia y mayor área basal. Para completar este sistema de aprovechamiento será necesario relevar información sobre las prácticas de cosecha de los recursos de especies leñosas y también analizar si la participación de los beneficios derivados es igualitaria.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos al proyecto Biodiversidad de especies económicamente importantes de los Andes tropicales (BEISA) con el financiamiento 104.DAN.8.L.206 del programa ENRECA (DANIDA), Proyecto N° 91136 por financiar la investigación. A los propietarios de los conocimientos sobre las plantas, los comunarios de Loma larga y Masicurí.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, U. P.; R. F. P. Lucena; J. M. Monteiro; A. T. N. Florentino y C. F. C. B. R. Almeida. 2006. Evaluating two quantitative ethnobotanical techniques. *Ethnobotany Research & Applications* 4: 51-60.
- Alexiades, M. N. 1996. Collecting ethnobotanical data: an introduction to basic concepts and techniques. En: Alexiades, M. N. (ed) Pp. 53-94. *Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: A Field Manual*. The New York Botanical Garden. Nueva York.
- Almeida, C. F. C. B. R.; E. L. C. Amorim; U. P. Albuquerque y M. B. S. Maia. 2006. Medicinal plants popularly used in the Xingo, region – a semi-arid location in Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2:15-36.
- Amaya-Vecht, K. 2011. Plantas medicinales usadas en la comunidad de Pulquina, Municipio de San Lucas: Diversidad, uso, conocimiento tradicional e importancia. In A. Carretero, M. Serrano, F. Borchsenius y H. Balslev. *Pueblos y plantas de Chuquisaca. Estado del conocimiento de los pueblos, la flora, uso y conservación*. p269-281. BEISA 2. Herbario del Sur de Bolivia. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre.
- Ayres, M. D.; M. Ayres Jr. y C. Murcia. 2004. *BioEstat. Aplicaciones estadísticas para las ciencias biológicas y médicas*. Sociedad Civil Mamirauá, Brasilia DF. 274 p.
- Brown, A. D. y L. R. Malizia. 2004. Las selvas pedemontanas de las Yungas. En el umbral de la extinción. *Revista Ciencia Hoy* 14(83): 52-63.
- Byg, A. y H. Balslev. 2004. Factors affecting local knowledge of palms in Nangaritza valley, Southeastern Ecuador. *Journal of Ethnobiology* 24 (2): 255-278.
- Campbell, B. M. y M. K. Luckert. 2002. Hacia la comprensión del rol de los bosques en la subsistencia rural. En: Campbell, B. M. & M. K. Luckert (eds) Pp 17-31. *Evaluando la Cosecha Oculta de los Bosques. Métodos de Evaluación para Bosques y Recursos Forestales*. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Montevideo.
- Cárdenas D. y J. G. Ramírez. 2004. Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del departamento del Guaviare (Amazonia colombiana). *Caldasia* 26(1): 95-110.
- Carretero, A. L. 2005. "Useful plants and traditional knowledge in the tucumano-boliviano forest". Tesis de maestría en ciencias, Universidad de Aarhus, Aarhus. 56 p.
- Carretero, M. A.; M. Serrano P.; F. Borchsenius y Henrik Balslev (eds.). 2011. *Pueblos y plantas de Chuquisaca. Estado del conocimiento de los pueblos, la flora, uso y conservación*. Beisa 2, Herbario del Sur de Bolivia, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre. 351 p.
- Carretero, M. A.; J. Gutiérrez; M. Serrano y M. Jiménez. 2011. Plantas útiles del Subandino de Chuquisaca. En: Carretero M.; A. M. Serrano P.; F. Borchsenius y Henrik Balslev (eds.). 2011. *Pueblos y plantas de Chuquisaca. Estado del conocimiento de los pueblos, la flora, uso y conservación*. pp. 249-267. Beisa 2, Herbario del Sur de Bolivia, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre.
- Carretero, M. A. y M. Serrano. 2011. Plantas importantes de los Simbas. En: Carretero M., A. M. Serrano P., F. Borchsenius y Henrik Balslev (eds.). 2011. *Pueblos y plantas de Chuquisaca. Estado del conocimiento de los pueblos, la flora, uso y conservación*. pp. 249-267. Beisa 2, Herbario del Sur de Bolivia, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre.
- Chazdon, R. L. y F. G. Coe. 1999. Ethnobotany of woody species in second -growth, old-growth, and selectively logged forest of northeastern Costa Rica. *Conservation Biology* 13(6): 1312-1322.
- Crespo, M. 1988. *Estudio socioeconómico de la Provincia de Vallegrande*. Realidad de la Mujer campesina. Instituto de Capacitación del Oriente ICO, Vallegrande. 130p.
- Feitosa, J. S.; U. P. Albuquerque y I. M. Meunier. 2006. Valor de uso e estrutura da lenhosa às margens do riacho do Navio, Floresta, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasileira* 20(1): 125-134.

- Gentry, A. H. 1993. *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú)*. The University of Chicago Press, Londres. 895 p.
- Hilgert, N. I. y G. E. Gil. 2006. Medicinal plants of the Argentine Yungas plants of the Las Yungas biosphere reserve, Northwest of Argentina, used in health care. *Biodiversity and Conservation* 15: 2565-2594.
- Hurtado, R. 2007. *Uso de plantas en dos comunidades campesinas del bosque Tucumano - Boliviano de Vallegrande (Santa Cruz - Bolivia)*. Tesis para optar el título de licenciatura en biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 115 p.
- Hurtado, R. y M. Moraes R. 2010. Comparación del uso de plantas por dos comunidades campesinas del bosque tucumano - boliviano de Vallegrande (Santa Cruz, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 45(1): 20-54.
- Ibisch, P.; P. Rojas; N. De la Barra; E. Fernández; M. Mercado; L. Ovando y G. Vargas. 1996. Un lugar de encuentro flora de la zona arqueológica “El Fuerte”, Samaipata, (Prov. Florida, Dpto. Santa Cruz, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 28: 1-28.
- IP-GTZ. 1996. *Informe: Estudio hidrológico preliminar de las cuencas hidrográficas de la Provincia Vallegrande, Dpto. Santa Cruz – República de Bolivia*. CORDECRUZ – FAO. Proyecto de Desarrollo Agropecuario Vallegrande – BOL 86/011, Santa Cruz, 176 p.
- Kessler, M., T. Krömer y I. Jiménez. 2000. Inventario de grupos selectos de plantas en el Valle de Masicurí (Santa Cruz – Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 8:3-15.
- Malizia, L., S. Pacheco, C. Blundo y A. D. Brown. 2012. Caracterización altitudinal, uso y conservación de las Yungas Subtropicales de Argentina. *Ecosistemas* 21(1-2): 53-73.
- Marín-Corba, C.; D. Cárdenas-López y S. Suárez-Suárez. 2005. Utilidad del valor de uso en etnobotánica. Estudio en el Departamento de Putumayo (Colombia). *Caldasia* 27(1): 89-101.
- Monroy-Ortiz, C. y R. Monroy. 2004. Análisis preliminar de la dominancia cultural de las plantas útiles en el Estado de Morelos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 74: 77-95.
- Moraes, R. M. 2011. Conservación de la diversidad cultural y biológica: Nuevos paradigmas para la conservación y el crecimiento. En: Carretero M.; A., M. Serrano; P. F. Borchsenius y H. Balslev (eds.) Pp. 319-325. *Pueblos y Plantas de Chuquisaca. Estado del conocimiento de los pueblos, la flora, uso y conservación*. BEISA 2, Herbario Regional del Sur, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre.
- Phillips O. y A. H. Gentry. 1993. The useful plants of Tambopata, Peru: I. Statistical hypothesis tests with a new quantitative technique. *Economic Botany* 47(1): 15-32.
- Pinedo-Vásquez, M.; D. Zarin; P. Jipp y J. Chota-Inuma. 1992. Use-values of tree species in a comunal forest reserve in northeast Peru. *Conservation Biology* 4(4): 405-415.
- Scarpa, G. F.; C. N. Rosso y N. Anconatani. 2016. Etnobotánica médica de grupos criollos de Argentina: reconocimiento, análisis y puesta en valor de los datos presentados por el gobierno argentino en la exposición universal de París de 1889. *Darwiniana*, nueva serie 4(2): 291-315.
- Toledo, M. y J. Salick. 2006. Secondary succession and indigenous management in semideciduous forest fallows of the Amazon basin. *Biotropica* 38(2): 161-170.
- Thomas, E.; I. Vandebroek; P. Van Damme; P. Goetghebeur; D. Douterlungne; S. Sanca y S. Arrázola. 2009. The relation between accessibility, diversity and indigenous valuation of vegetation in the Bolivian Andes. *Journal of Arid Environments* 73: 854-861.
- Vidaurre, P. J.; N. Paniagua-Zambrana y M. Moraes R. 2006. Etnobotánica en los Andes de Bolivia. En: Moraes R.; M., B. Øllgaard; L. P. Kvist; F. Borchsenius y H. Balslev (eds.) Pp. 224-238. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Herbario Nacional de Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz.

ANEXO 1. Lista de especies de plantas utilizadas provenientes de los bosques de Loma larga y Masicurí.

Las abreviaturas son: COMB-Combustible, HER-Herramientas, CONS-Construcción, IND-Industrial, ART-Artesanías, OR-Ornamental, M-Medicinal, C-Comestible, CER-Cercos, OTR-Otros, FOR-Forraje, SOMB-Sombra, TOX-Tóxicos, UT-Utensilios, VET-Veterinario.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de uso	Área basal	Nº individuos
COMUNIDAD LOMA LARGA				
ADOXACEAE				
<i>Viburnum seemenii</i> Graebn.	fruta de pava	COMB,HER	0.188	36
AQUIFOLIACEAE				
<i>Ilex argentina</i> Lillo	yuruma blanca	COMB,CONS	6.567	136
ARALIACEAE				
<i>Oreopanax australis</i> M. Nee	higuerilla	COMB,IND	0.004	3
ASPARAGACEAE				
<i>Cordyline dracaenoides</i> Kunth.	palma	ART,OR	0.055	2
ASTERACEAE				
<i>Dasyphyllum brasiliense</i> (Spreng.) Cabrera	sunch'uquisca	IND,M,COMB	0.003	1
BIGNONIACEAE				
<i>Handroanthus lapacho</i> (K. Schum.) S.O. Grose	tajibo morado, colorado	CER,COMB,CONS,HER	0.012	6
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	tajibo amarillo	CER,COMB,CONS,HER	0.013	1
BORAGINACEAE				
<i>Cordia</i> cf. <i>ucayaliensis</i> (I.M. Johnst.) I.M. Johnst.	kauya	CONS,OTR,HER	0.044	2
CANNABACEAE				
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	satajche	C,M	0.002	3
CLETHRACEAE				
<i>Clethra scabra</i> Pers.	cortel, coloradillo	CER,COMB	0.002	2
CUNONIACEAE				
<i>Weinmannia sorbifolia</i> Kunth	sotillo	COMB,CONS	0.179	4
ERICACEAE				
<i>Agarista boliviensis</i> (Sleumer)Judd	chichacoma	ART,UT	0.002	1
<i>Bejaria aestuans</i> Mutis ex L.	navidad	COMB,OR	0.006	1
EUPHORBIACEAE				
<i>Sapium marmieri</i> Huber	leche leche	CONS	0.007	1
LAURACEAE				
<i>Nectandra</i> cf. <i>angusta</i> Rohwer	laurel	COMB,CONS	0.002	1
<i>Nectandra</i> aff. <i>laurel</i> Klotzch ex Nees	laurel amarillo	ART,COMB,CONS,HER	0.116	15
<i>Ocotea</i> cf. <i>lancifolia</i> (Schott)Mez	laurel blanco	ART,CER,CONS,OTR	0.159	38
<i>Ocotea</i> sp.	laurel blanco	ART,CER,CONS,OTR	0.005	2
<i>Persea</i> sp.	laurel quinón	C,CONS	0.066	11
MYRTACEAE				
<i>Amomyrtella quili</i> (Speg.) Kausel		CER,COMB	0.086	9
<i>Blepharocalyx</i> cf. <i>salicifolium</i> (Kunth) O. Berg	wawira	CER,COMB,CONS,FOR	1.159	267
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	boldo,k'alillo	COMB,M	0.016	9
<i>Eugenia egensis</i> DC.		CER,COMB	0.047	13
<i>Myrcia deflexa</i> (Poir.) DC.	cedrillo	COMB,CONS	0.221	37
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	k'alillo,arrayan	COMB,M	0.146	55
<i>Myrcianthes pseudomato</i> (D. Legrand) McVaugh	mentisan	COMB,M	0.097	18
PODOCARPACEAE				
<i>Podocarpus parlatores</i> Pilg.	pino bruto	ART,COMB,CONS,HER	0.093	11
<i>Prumnopitys exigua</i> de Laub. ex Silba	pino castillo	COMB,CONS	1.671	72
PRIMULACEAE				
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	yuruma	ART,COMB	0.102	17
PROTEACEAE				
<i>Roupala montana</i> Aubl.	ñervo ñervo,aca de c'uche	CER,COMB,HER	0.097	42
ROSACEAE				
<i>Prunus</i> sp.	duraznillo	CER,COMB,CONS,TOX	0.581	56
RUTACEAE				
<i>Zanthoxylum coco</i> Gillies ex Hook. f. & Arn.	sabuco	ART,M	0.001	2
SAPINDACEAE				
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	frutilla	C,CER,COMB,HER	0.069	12
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	vena vena	CER,COMB,HER	0.015	1
SOLANACEAE				
<i>Brunfelsia uniflora</i> (Pohl) D. Don	hierba mala,bella unión	TOX	0.001	1
STYRACACEAE				

Nombre científico	Nombre común	Categoría de uso	Área basal	Nº individuos
<i>Styrax</i> sp.	cedrillo	CONS	0.135	28
SYMPLOCACEAE				
<i>Symplocos neei</i> B. Ståhl	yuruma blanca, blando blando	CONS	0.495	16
PENTAPHYLACACEAE				
<i>Ternstroemia asymmetrica</i> Rusby	yuruma colorada	COMB,CONS	1.044	68
VERBENACEAE				
<i>Duranta serratifolia</i> (Griseb.) Kuntze	espina blanca	COMB	0.036	12
COMUNIDAD MASICURÍ				
ANACARDIACEAE				
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	k'iche, cuchi	CER,COMB,CONS,HER,M,SOMB	0.826	28
ANONNACEAE				
<i>Guatteria foliosa</i> Benth.	garron garron	CONS,HER,M	0.104	4
<i>Rollinia herzogii</i> R. E. Fries	chirimoya de monte	C	0.004	2
APOCYNACEAE				
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Muel.A.	sarnoso	CER,CONS,HER,UT	0.545	76
<i>Aspidosperma quirandy</i> Hassl.	membrillo, melendre	CONS	0.011	1
ARALIACEAE				
<i>Pentapanax angelicifolius</i> Griseb.	mara	IND,UT	0.041	4
ARECACEAE				
<i>Acrocomia totai</i> Mart.	totali	C,CONS,FOR,OR	0.049	1
ASTERACEAE				
<i>Verbesina allophylla</i> S.F. Blake	lap'a lap'a girasol	FOR,IND	0.002	2
BIGNONIACEAE				
<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) L.G. Lohmann	uña de gato, bejuco mora	M,UT	0.018	4
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	tajibo rozado	COMB,COMER,CONS,HER	0.235	7
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	tajibo amarillo	COMB,CONS,HER	0.001	1
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth.	maranguay	FOR,HER(CER,COMB,HER,UT)	0.010	1
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	matara	ART,COMB,CONS	0.002	2
CANNABACEAE				
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	satajche	C,M	0.010	7
CUCURBITACEAE				
<i>Fevillea pergamentacea</i> Cogn.	lacayotilla redonda	FO	0.002	3
ERYTHROXYLACEAE				
<i>Erythroxylum</i> cf. <i>macrophyllum</i> Cav.	coquilla	COMB,OTR	0.001	1
EUPHORBIACEAE				
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	leche leche	M	0.048	11
FABACEAE				
<i>Bauhinia aculeata</i> L.	brea	COMB,COMER,IND,SOMB	0.016	13
<i>Poincianella pluviosa</i> (DC.) L.P. Queiroz	momoqu'e	CONS,SOMB	0.307	12
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	k'are	COMB	0.313	19
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	vilca	COMB,FOR,M	1.403	40
<i>Cojoba arborea</i> var. <i>angustifolia</i> (Rusby) Barneby & J.W. Grimes	conde conde	CONS	0.020	1
<i>Parapiptadenia excelsa</i> (Griseb.) Burkart	borracho,k'are	COMB	0.364	15
<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W. Grimes	p'enoque	CER,COMB,CONS,FOR,SOMB	0.002	1
<i>Cyclolobium</i> sp.	k'ellosarnoso	COMB,CONS,HER	0.549	10
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	cuñure	C,CONS,IND,UT	0.431	3
<i>Lonchocarpus</i> cf. <i>pluvialis</i> Rusby	cuqui	CONS,OTR	0.166	16
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	kicheturiqui	HER	0.035	2
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	carterilla, k'alatoco	COMB,HER	0.082	14
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	morado, morau	CER,CONS,HER	0.105	23
<i>Platymiscium pubescens</i> Micheli	tipilla	CER,COMB,CONS,SOMB	0.049	14
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	amarillo	CONS	0.004	1
<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	tipa	C,COMB,CONS,SOMB	0.341	4
LAURACEAE				
<i>Licaria triandra</i> (Sw.) Kosterm.	laurel grande	COMB,COMER,CONS	0.004	3
LECYTHIDACEAE				
<i>Cariniana estrellensis</i> (Ruddi) Kuntze	yesquero,k'usuro	HER	0.140	6
MALVACEAE				
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	wak'ache	FO	0.021	7
<i>Helicteres lhotzkyana</i> (Schott & Endl.) K. Schum.	aguak'ache	CER	0.040	12
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A. Robyns	perotó	HER	0.001	1
<i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naudin	higuerilla	CONS	0.071	4
MELIACEAE				

Nombre científico	Nombre común	Categoría de uso	Área basal	Nº individuos
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	chinatabla, madera	CONS, HER	0.092	6
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.		COMB, CONS	0.008	5
MORACEAE				
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	biboche	FOR, M	0.008	1
<i>Ficus maroma</i> A. Cast.	biboche	M	0.125	1
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	mora, mora verde	C, CONS, FOR, HER, SOMB	0.032	7
MUNTINGIACEAE				
<i>Muntingia calabura</i> L.	uvilla	CER, COMB	0.167	10
MYRTACEAE				
<i>Eugenia moraviana</i> O. Berg		C	0.007	4
<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O. Berg	guapurú	C, IND, M	0.001	1
<i>Psidium oligospermum</i> DC.	wawira colorada	CONS	0.003	3
PETIVERIACEAE				
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	ajo	COMB, CONS, HER, IND	0.003	1
PHYLLANTHACEAE				
<i>Phyllanthus brasiliensis</i> (Aubl.) Poir.	mara chiquita	COMB	0.023	10
PIPERACEAE				
<i>Piper secundum</i> Ruiz & Pav.	matico	M	0.003	1
RHAMNACEAE				
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	turere	CER, COMB, CONS, SOMB	0.027	4
RUBIACEAE				
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	trompillo	COMB, CONS, HER	0.001	1
RUTACEAE				
<i>Citrus aurantium</i> L.	naranja agria	C, OTR	0.001	1
SALICACEAE				
<i>Casearia cf. pitumba</i> Sleumer	arrayan	COMB	0.005	3
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.		COMB	0.011	4
SAPINDACEAE				
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.		CER, CONS	0.711	14
<i>Maqonia pubescens</i> A. St.-Hil.	vena vena	CER, COMB, CONS	0.054	1
SAPOTACEAE				
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	aguay	C, CER, FOR, IND, SOMB, UT	0.022	1
SOLANACEAE				
<i>Cestrum cf. strigillatum</i> Ruiz & Pav.	rama verde	M, TOX	0.001	1
<i>Solanum riparium</i> Pers.	lap'a lap'a	IND, SOMB	0.002	1
URTICACEAE				
<i>Boehmeria pavonii</i> Wedd.	ramoneo	FO	0.002	2
<i>Cecropia polystachya</i> Trécul	ambaibo	C, COMER, IND	0.035	10
<i>Myriocarpa stipitata</i> Benth.	ortega	VET	0.010	2
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	ortiga	M, VET	0.100	19
VERBENACEAE				
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	muña	CER, COMB, CONS	0.007	4
<i>Recordia boliviana</i> Moldenke	lap'a lap'a	COMB	0.002	1
XIMENIACEAE				
<i>Ximenia americana</i> L.	quirino	ART, C, CER, FOR, UT	0.008	2



NOTA TÉCNICA

Fluctuación poblacional de brúquidos (*Rhipibruchus* sp.-Coleoptera) en formaciones boscosas nativas de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en el sureste de Formosa, Argentina

Population fluctuation of brúquidos (Rhipibruchus sp.-Coleoptera) in forest formations native to white algarrobo (Prosopis alba) in southeastern Formosa, Argentina

Sirka, C. E.¹; L. Monzón¹; I. Oviedo¹ y A. Miguel¹ (at equo)

Recibido en diciembre de 2016; aceptado en noviembre de 2017

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo la determinación de especies de *Rhipibruchus* de la Familia Chrysomelidae, Subfamilia Bruchinae (Coleoptera) y su fluctuación poblacional en estado adulto, en las diferentes fases fenológicas de *P. alba*, en formaciones boscosas nativas donde se encuentra este ejemplar, en el sureste de Formosa, durante el período 2012/2013, como también la incidencia de la temperatura, humedad relativa ambiente y altura de trampas en la abundancia de éstos y su tasa de crecimiento poblacional. El conteo de insectos se realizó cada 10 días con trampas de captura tipo Scolytoidea con alcohol 95 % como atrayente químico; las mismas fueron ubicadas a 1,5 y 3 metros de altura del suelo próximo al ejemplar. Se observó a la especie *Rhipibruchus prosopis* Kingsolver (Coleoptera, Chrysomelidae - Bruchinae) como principal plaga de la semilla de *P. alba*, con 125 ejemplares adultos, representando el 4,9 % del total de insectos capturados. La mayor abundancia se registró en las trampas ubicadas a 3 metros de altura del nivel del suelo y coincide con la fase fenológica de fructificación, indicando la mayor actividad de los insectos en el campo. Los insectos muestran mayor actividad con valores comprendidos entre 20 y 30 °C y 70 y 85 % de humedad relativa.

Palabras claves: Bruchinae; *Prosopis alba*; Fluctuación poblacional.

ABSTRACT

This work was aimed at determining the species of *Rhipibruchus* of the Chrysomelidae family, subfamily Bruchinae (Coleoptera) and their population fluctuation in the adult state, in the different phenological phases of *P. alba* located in native forest formations in the southeast of Formosa, during the period 2012/2013, as well as the incidence of temperature, relative humidity and height of traps on their abundance and population growth rate. The insects were counted every 10 days using Scolytoidea-type catch traps with 95 % alcohol as chemical attractant placed at 1.5 and 3 meters high over the ground next to the individual. The *Rhipibruchus prosopis* Kingsolver species (Coleoptera, Chrysomelidae-Bruchinae) was the main pest observed of the seed of *P. alba* with 125 adult specimens, representing 4.9 % of the total of insect captured. The highest abundance was recorded in the traps at 3 meters above ground level and coincides with the phenological phase of fruiting, indicating the greatest activity of the insects in the field. The insects show greater activity with values ranging from 20 to 30 °C and 70 and 85 % of relative humidity.

Keywords: Bruchinae; *Prosopis alba*; Population fluctuation.

¹ Facultad de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Formosa. Avda. Gdor. Gutnisky 3.200. (3.600) Formosa, Argentina. E-mail: cesirka@yahoo.com.ar.

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Formosa se ha inventariado un total de 11 especies del género *Prosopis* siendo *P. alba* y *P. nigra* (algarrobo blanco y negro) las de mayor importancia comercial. Esta importancia reside en su madera muy demandada por industriales y en su fruto como proveedora de alimentos entre los que cabe mencionar el patay o harina de algarroba y bebidas como añapas y alojás, que se elaboran a partir de los mismos, muy usadas en comunidades originarias y rurales de nuestra región. El fruto es utilizado como complemento forrajero de ganados bovino, porcino y especialmente caprino en época de gestación y para su terminación.

Las pérdidas originadas por insectos en el sector forestal, tanto en la producción de madera como en los frutos, son de gran importancia, al extremo de que expertos de organismos como la FAO recomiendan la implementación de estrategias de control de estas plagas para reducir la densidad de las poblaciones teniendo en cuenta distintos métodos de control. La implementación de estos métodos requiere de conocimientos de su fluctuación y dinámica poblacional (FAO, 2010).

Los frutos y semillas del algarrobo blanco son susceptibles de ataques de diversas especies de insectos pertenecientes a los órdenes Hemiptera, Lepidoptera y Coleoptera. Dentro de este último se encuentra la subfamilia *Bruchinae* con géneros como *Pectinobruchus*, *Rhipibruchus* y *Scutubruchus* de importancia por los daños que producen en la planta y que se intensifican con posterioridad a la cosecha en los lugares de almacenamiento produciendo elevados porcentajes de destrucción, inviabilizando la semilla para cualquier uso (Kingsolver y Romero, 2007).

Es importante contar con material genético de calidad libre de plagas y enfermedades no sólo como medio de propagación de esta especie sino también para su uso en alimentos, bebidas y forrajes.

Por lo expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo conocer la fluctuación poblacional del principal grupo de insectos que daña al fruto y semilla de esta leguminosa, su abundancia, en función de los adultos capturados, relación con las fases fenológicas y la incidencia de los factores climáticos. Otro aspecto de interés es determinar la altura más efectiva, de las trampas, para la captura de estos insectos.

Antecedentes

La subfamilia *Bruchinae* comprende un grupo de insectos pertenecientes a *Coleoptera* cuya principal característica biológica es la presencia de un régimen alimenticio de tipo cletrofágico, es decir, se alimentan exclusivamente de frutos y semillas. Por otra parte, existe una fuerte interacción entre las especies de brúquidos y sus plantas hospederas, puesto que la mayor parte de estos insectos son muy específicos y normalmente atacan a una especie vegetal en particular. Son muy pocas las especies polífagas que atacan a más de un género o especies de plantas (Yus Ramos, 1976).

La subfamilia *Bruchinae* tiene 1.600 especies conocidas, que se alimentan de 34 familias de plantas y varias especies son plagas importantes porque atacan leguminosas de importancia económica y granos almacenados, aunque sólo representan menos del 5 % del total de especies (Romero et al., 2008).

En formaciones boscosas estos insectos poseen una sola generación al año; la puesta de huevos ocurre en primavera sobre los frutos de la planta hospedera. En granos almacenados se comportan de manera polivoltina, con 3 a 4 generaciones al año. Por otro lado, según sus hábitos reproductivos se pueden clasificar en dos grupos, los que oviponen sobre frutos inmaduros en el campo, con larvas que cumplen su desarrollo en el interior de las semillas en un período de 15 días a 4 meses y aquellos grupos que oviponen directamente sobre semillas en los lugares de almacenamiento (Kingsolver y Romero, 2007).

La salida del adulto está favorecida por temperatura y humedad relativa ambiente altas, presentando fototropismo positivo. En invierno, los adultos se refugian y se mantienen inactivos, salen cuando llega la primavera (Yus Ramos, 1976).

Los géneros *Algarobius*, *Neltumius* y *Mimosestes* son considerados los principales brúquidos que afectan las semillas de algarrobo desde Estados Unidos hasta Venezuela. La mayoría de las especies de estos tres géneros, tienen restringido su rango de hospederos al género *Prosopis*. También se ha determinado que estas especies destruyen el 26 % de las semillas de *P. flexuosa* y el 90 % de *P. chilensis* (Kingsolver, 1982).

En Argentina, las especies *S. vinalicola*, *S. ceratioborus*, *R. picturatus* y *R. prosopis* de la subfamilia Bruchinae, son mencionados como los insectos más abundantes y perjudiciales que afectan las semillas del género *Prosopis*. Algunos de ellos son específicos del *P. alba*, como *R. atratus*, *R. picturatus*, *R. oedipygus*, *R. psephenopygus*, *R. prosopis* y *S. ceratioborus* (Johnson, 1983).

En la provincia de Formosa, en la localidad de Ibarreta, se menciona por primera vez la presencia de *R. rugicollis* y *R. oedipygus* sobre *P. kuntzei* y en el Departamento Patiño a *R. picturatus*, *R. atratus*, *R. prosopis* sobre *P. alba*, *P. hassleri*, *P. nigra* y *P. ruscifolia* (Kingsolver, 1982).

Los brúquidos son los insectos más abundantes en las semillas de las especies de *Prosopis* y potencialmente más destructivos. Las vainas de estos árboles se encuentran infestadas desde el período de fructificación, acentuándose e intensificándose en los lugares de almacenamiento, originando la destrucción total de frutos y semillas en un tiempo de 90 días (Monzón *et al.*, 2005-2007). Además, estas especies de insectos perjudican el posterior consumo de los frutos por los restos de quitinas que dejan (Álvarez Gómez, 1995).

Los métodos de captura resultan complejos pues algunas especies de insectos pueden mantenerse en letargo o escondidos durante un buen tiempo si las condiciones para su desarrollo no son favorables (Silva *et al.*, 2003).

La captura indirecta utilizando atrayentes como levadura de cerveza, alcohol, salicilato de metilo entre otros permite capturar ejemplares de difícil detección (Moreira *et al.*, 1988).

Para coleópteros, se menciona la trampa de captura tipo Scolytoidea con buenos resultados, utilizando como principio activo el etanol (Fiorentino, 1988).

En relación a la dinámica poblacional de los brúquidos, estudios sobre la incidencia de factores climáticos en la abundancia de estos insectos, determinaron que tanto la temperatura como la humedad relativa ambiente influyen en la duración del ciclo, en la dispersión del adulto, en la abundancia de las posturas de huevos, en la mortalidad, longevidad del adulto y duración del estado larval. Por otro lado, el viento influye en la mayor o menor adherencia de los huevos al fruto de la planta huésped y también en el porcentaje de eclosión. Además, se menciona que estos factores climáticos inciden directamente sobre la planta hospedera, pudiendo adelantar sus fases fenológicas, produciendo aborto de flores y menor cantidad de frutos, lo que incide directamente en la fluctuación poblacional de los insectos (Terán y Muruaga, 1989).

Monzón *et al.* (2005) han estudiado, en la provincia de Formosa, los insectos que dañan al fruto y sus semillas, siendo los más importantes los de la subfamilia Bruchinae, por la importancia de los daños que generan, pero se desconoce, la fluctuación poblacional de los mismos en las fases fenológicas del algarrobo.

2. MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el campo experimental del Instituto de Silvicultura ubicado en la localidad de Villa Dos Trece, al sureste del departamento Pirané, Provincia de Formosa, dentro de la denominada Región Oriental Húmeda del Parque Chaqueño, con coordenadas geográficas S 26° 09' 45" y W 59° 20' 89".

El clima es subtropical, la estación estival abarca unos siete meses, de octubre a abril. El promedio anual de precipitaciones es de 1.100 mm. La temperatura media anual es de 23 °C, con una máxima de 40 °C y una mínima de 3 °C.

Se trabajó en seis formaciones boscosas donde el *P. alba* se encuentra presente en forma conjunta con especies típicas de un bosque bajo nativo de la zona sureste de Formosa.

Captura de Bruchinae

Para la captura de insectos brúquidos, se utilizaron trampas tipo Scolytoidea, con alcohol 95 % como atrayente (Fig. 1). La misma consiste en un embudo de chapa galvanizada cuyo extremo inferior posee un recipiente para recolectar los insectos y en el extremo superior una pantalla de plástico blando, por encima de la cual se le adiciona un sombrerete de metal. En el interior y por debajo del sombrerete se ubica una manguera plástica de 5 milímetros de diámetro, colocada en forma de "e" invertida que lleva en su interior el atrayente químico (Fiorentino, 1988).



Figura 1. Trampa tipo Scolytoidea para captura de brúquidos ubicadas en formación de *P. alba*

Se trabajó en 6 formaciones boscosas conformadas por *Prosopis alba*, colocándose en cada una de ellas un soporte con dos trampas a una altura de 1,5 y 3 metros del suelo, próximas a los ejemplares de esta especie.

La recolección y recuento de insectos se efectuó cada 10 días, desde el 01 de agosto de 2012 al 31 de julio de 2013. Paralelamente se efectuaron observaciones fenológicas del *P. alba*.

La identificación de las especies insectiles se realizó en base a claves taxonómicas y bibliografía específica (Kingsolver, 1982).

Para conocer en qué fase fenológica de *P. alba* se registró mayor abundancia de brúquidos, se utilizó un ANOVA no paramétrico que permitió detectar diferencias estadísticas significativas, para cada fase fenológica. Para conocer la relación existente entre los factores climáticos considerados temperatura y humedad relativa ambiente y la abundancia de estos insectos se utilizó un coeficiente de correlación de Pearson, que permite detectar si existe asociación entre estas variables. Se utilizó el Test “t” para muestras independientes a fin de determinar la relación entre alturas de trampas y densidad poblacional de brúquidos, cada 10 días.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En formaciones boscosas de *P. alba*, en el Departamento Pirané de la provincia de Formosa, se registró la presencia de una especie de brúquido correspondiente a la siguiente clasificación sistemática:

- Orden: Coleoptera
- Familia: Chrysomelidae
- Subfamilia: Bruchinae
- Especie: *Rhipibruchus prosopis* Kingsolver

Esta especie fue mencionada por Kingsolver (1982), en el Departamentos Patiño-Formosa, sobre varias especies del género *Prosopis*.

Densidad poblacional de *R. prosopis* según fenología de *P. alba*

La abundancia de *R. prosopis* en su estado adulto, en el periodo 2012-2013, fue de 125 ejemplares registrándose en la fase de fructificación 110 insectos, en la fase de disseminación 12 insectos, en la fase de floración 3 insectos y en la fase de brotación no se ha producido capturas (Figura 1).

Salas Araiza *et al.* en el año 2004 hacen referencia a que el “pico poblacional de los insectos brúquidos pueden deberse a un periodo de máxima ovoposición en el campo” y ello es coincidente con el periodo de fructificación de *P. alba* en la zona sureste de la provincia de Formosa.

A través del ANOVA no paramétrico se detectaron diferencias significativas en la abundancia de brúquidos adultos en la fase de fructificación de *P. alba* en relación a las demás fases.

El pico de mayor captura de *R. prosopis* en trampas Scolytoidea, coincidió con el período de máxima fructificación de *P. alba* en octubre- noviembre; el número de brúquidos se presentó con una tendencia decreciente hasta su desaparición coincidente con la culminación de la fase de defoliación (Figura 2).

Se observó que la fase de fructificación de esta especie vegetal, se extendió durante aproximadamente 4 meses, desde el mes de septiembre hasta el mes de diciembre.

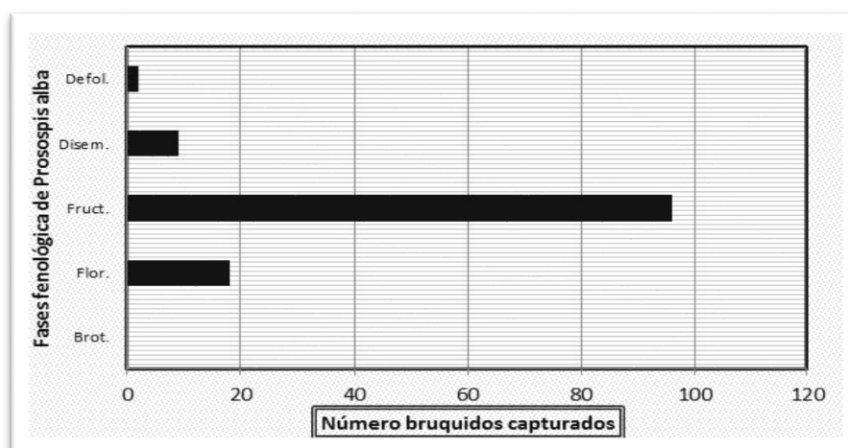


Figura 1. Abundancia de *R. prosopis*, en estado adulto, en las fases fenológicas de *P. alba* en el sureste de Formosa.

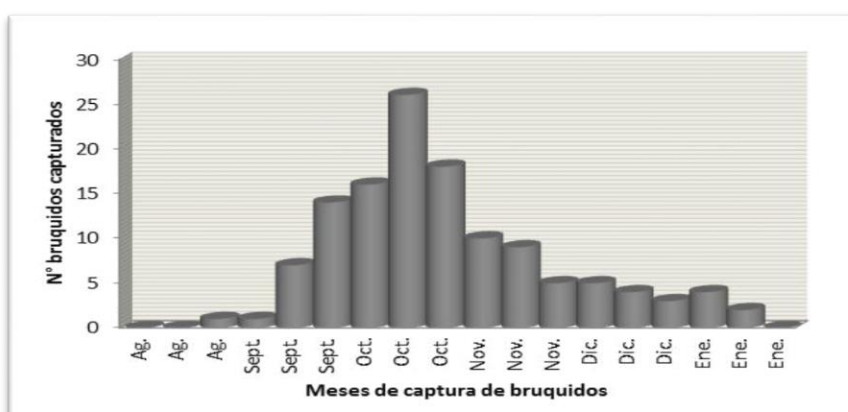


Figura 2. Abundancia de *R. prosopis*, en estado adulto, en diferentes meses, en formaciones de *P. alba* capturados con trampa Scolytoidea.

La mayor tasa de crecimiento poblacional se produjo en la segunda decena del mes de octubre, período coincidente con la plenitud de fructificación del algarrobo blanco. Estos valores son indicativos del momento de mayor actividad de *R. prosopis* adultos en el campo (Figura 3).

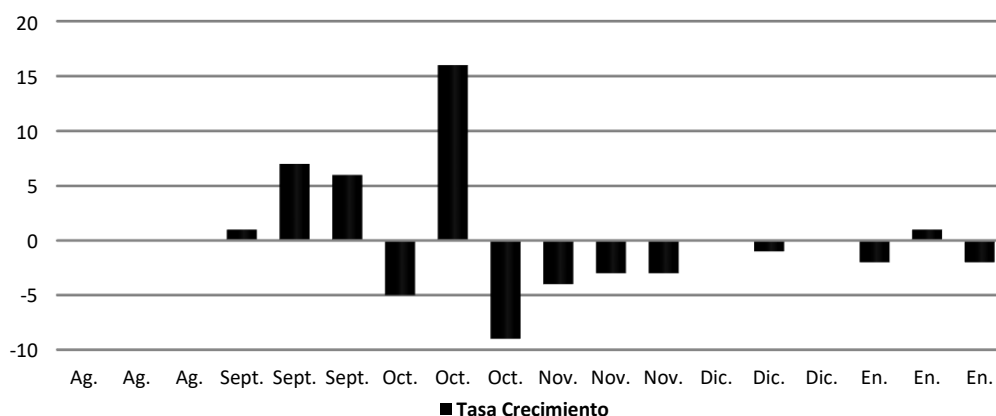


Figura 3. Tasa de crecimiento/decrecimiento de *R. prosopis* en formaciones de *P. alba* en los meses capturados con trampa Scolytoidea.

Abundancia de *R. prosopis* según factores climáticos

La mayor *densidad* poblacional de *R. prosopis* se registró en períodos con temperaturas promedio comprendidas entre 21 a 30 °C, disminuyendo a temperaturas más altas e inferiores a estos valores. El coeficiente de correlación de Pearson indica un bajo grado de asociación para la temperatura media y el número de brúquidos capturados (0.0345 para p- level de 0.049) (Figura 4)

Respecto a la humedad relativa la mayor captura se produjo con valores de 65 a 85 %, registrándose menor número de insectos con valores inferiores a éstos, por lo que se considera que ambientes muy húmedos favorecen su aparición y ambientes secos limitan su actividad (Figura 5). El coeficiente de Pearson indica posible asociación entre la abundancia de brúquidos y la humedad relativa ambiente y el número de brúquidos capturados (0,01515 para un p-level de 0,387).

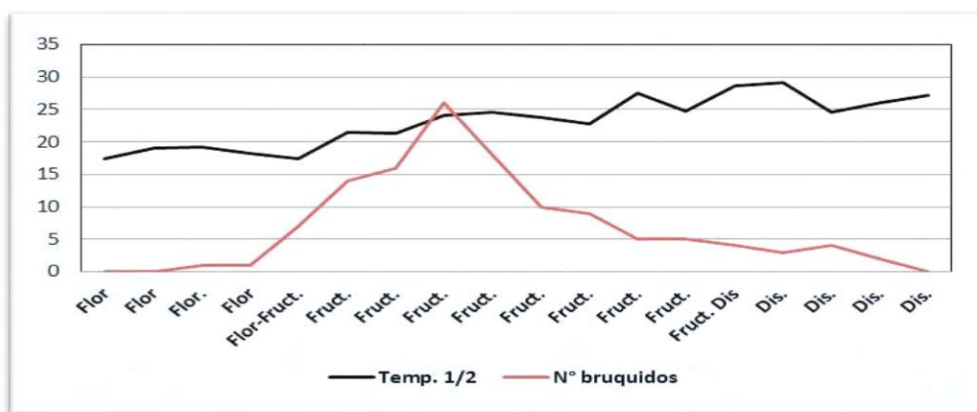


Figura 4. Abundancia absoluta de *R. prosopis* capturados en trampas Scolytoidea según temperatura promedio en (°C).

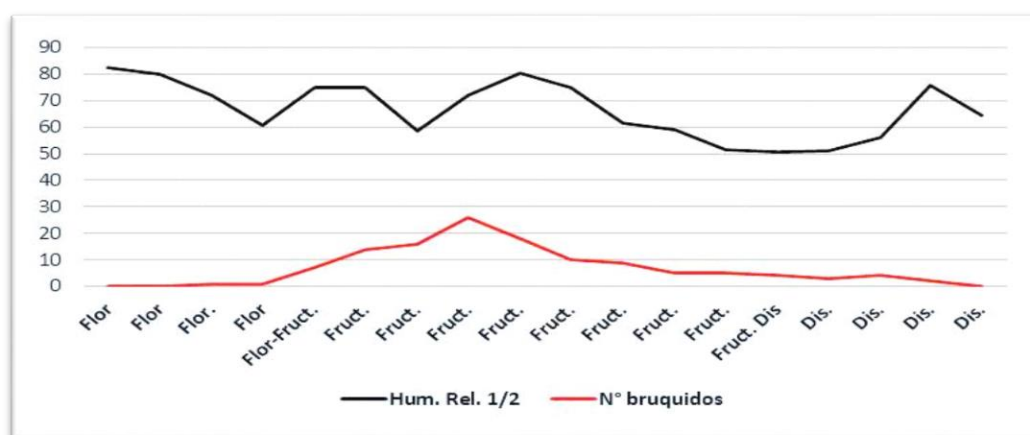


Figura 5. Número de *R. prosopis* capturados en trampas Scolytoidea según porcentaje de humedad relativa ambiente.

En general, la temperatura y humedad relativa ambiente son factores abióticos determinantes para el desarrollo de los insectos, su actividad se ve disminuida con valores inferiores a 10 °C y a temperaturas superiores a los 45 °C. Los resultados observados son coincidentes con los estudios de Romero Nápoles, 2008, donde se mencionan como condiciones óptimas para el desarrollo y evolución de estos insectos temperaturas de 28 a 32 °C y humedad relativa alta cercana al 80 %.

Número de Brúquidos en relación a la altura de Trampas

Se capturaron 125 ejemplares de *R. prosopis* en formaciones boscosas de algarrobo blanco con 43 ejemplares en trampas ubicadas a 1,5 metros de altura del suelo y 82 ejemplares a 3 metros (Figura 6) diferencia ésta detectada como significativa para $p = 0,0251$ con 95 % de confianza.

Romero Nápoles en 2008, considera que el rango de altura de trampas para la captura de brúquidos adultos oscila entre 1,5 y 2,5 metros habiéndose determinado que para el sureste de la provincia de Formosa la altura de trampa de 3 m se comporta como más efectiva.

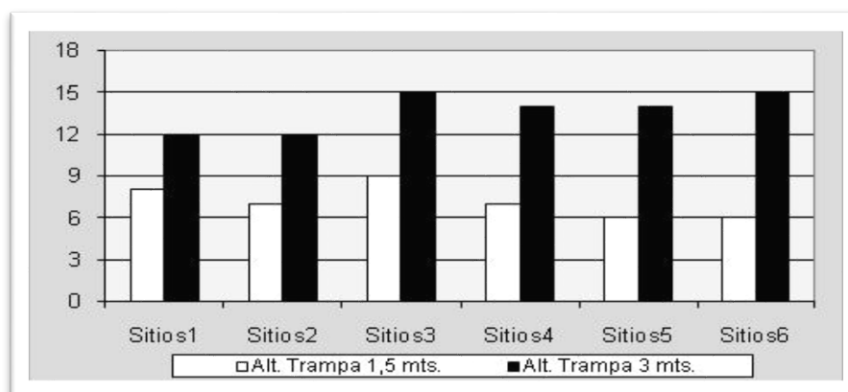


Figura 6. Abundancia de *R. prosopis* capturados con trampas Scolytoidea ubicadas a 1,5 y 3 m de altura en seis formaciones de *P. alba*.

4. CONCLUSIONES

Se ha identificado a *Rhipibruchus prosopis* Kingsolver en la zona sur-este del Departamento Pirané de la provincia de Formosa como insecto plaga de semillas de *Prosopis alba*.

La mayor abundancia de *R. prosopis* adultos capturados en trampas Scolytoidea, se da en la fase fenológica de fructificación de *P. alba*, abundancias estas detectadas como estadísticamente significativas en relación a las otras fases. Por otra parte, dentro de la fase de fructificación, se produce el mayor pico poblacional en la segunda decena de octubre, valor este indicativo del momento de mayor actividad del insecto adulto en el campo.

Si bien el coeficiente de correlación de Pearson indica un grado de asociación bajo entre la temperatura y la humedad relativa ambiente en relación a la abundancia de adultos brúquidos, existen rangos de temperatura y humedad entre los cuales dichos insectos muestran mayor actividad, valores comprendidos entre 20 y 30 °C y 70 a 85 % humedad relativa.

El mayor número de insectos adultos de *R. prosopis* capturado en formaciones boscosas de *Prosopis alba* se registró en trampas, ubicadas a 3 metros de altura del suelo, en relación a las de 1,5 metros.

5. RECOMENDACIONES

Profundizar aspectos relacionados a la presencia del insecto adulto en relación a otros factores climáticos, en las fases fenológicas del *P. alba*, donde se lo encuentra, además considerarlos en forma integral y en menor amplitud de tiempo.

Determinar la diversidad de insectos para conocer riqueza y estructuras en éstas y otras formaciones boscosas. Aplicar medidas de control, a campo, teniendo en cuenta el momento de mayor presencia del insecto adulto coincidente con la fase de fructificación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez Gómez, L. 1995 *Control biológico en almacenamiento para disminuir el hambre en el mundo* Corporación Autónoma de Antioquia. Colombia Ed. Falbo Librero. 56 p.
- FAO *Potencial del Algarrobo (Prosopis juliflora). El Algarrobo considerado un árbol de uso múltiple, siendo sus frutos fuentes importantes de proteínas* [en línea] [Fecha consulta: 15 septiembre 2010]. Disponible en: <www.fao.org/docrep/006/y4435s/htm>
- Fiorentino, D. 1988. *Aparatos y métodos de captura de insectos forestales*. VI Congreso Forestal Argentino. Santiago el Estero. 2: 750-752.
- Johnson, C. K. 1983. *Manual sobre insectos que infestan las semillas de Prosopis*. FAO. Roma. 32 p.
- Kingsolver, J. y N. J. Romero. 2007. Taxonomía actual de los Brúquidos (Coleoptera: Bruchidae). Universidad Guadalajara. México. *Bol. Cientif.* Vol. 14: 22-26.
- Kingsolver, J. 1982. Taxonomic studies in the genus *Rhipibruchus* Bridwel (Coleoptera: Bruchidae) with description of four new species. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* Vol. 84: 661-664.
- Monzón, C.; L. Monzón; C. Sirka y G. Zibetti. 2005. Insectos en frutos de *Prosopis alba* en la colonia Teniente Brown (Las Lomitas) Provincia de Formosa, Argentina. *Revista de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Formosa* 5: 60 -63.
- Monzón, L.; C. Sirka y G. Zibetti. 2007. *Lophopoeum bruchis* (Coleoptera: Cerambycidae) en frutos de *Prosopis alba* en 4 localidades de la Provincia de Formosa. *Revista de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Formosa*. 7: 69-72.
- Moreira, M.; J. Dedory y F. Godoy. 1988. Colección, montaje, conservación y mantenimiento de insectos. *FONAIAP Divulga* N° 30. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria. Maracay, Venezuela. 23: 56-62.
- Romero Nápoles, J.; J. Di Lorea Barocio y J. Valdez. 2008. Especie y hospedero de los Bruchidae (Insecta: Coleoptera). *Entomología y Acarología*. Colegio de Graduado. Montecillo, México. 4: 89-92.
- Salas Araiza, M., Romero Nápoles, J. y Aguilera, E. 2004. Contribución al estudio de brúquidos (Insecta: Coleoptera) asociado a *Prosopis* y Fabaceas. Vol. II. *Universidad de México. Rev.* N° 23. Pp 23-30.
- Silva-Aguayo G. I.; R. Kiger-Melivilu; R. Hepp-Gallo y M. Tapia-Vargas. 2003. *Control de Sitophilus seamais con polvos vegetales de tres especies del género Chenopodium*. Facultad de Agronomía Universidad de México. 24. 21-26.
- Terán, A y S. Muruaga. 1989. Observaciones sobre *Bruchidae* (Coleoptera) del Noroeste Argentino “Estudios morfológicos y biológicos de algunas especies de *Amblycerinae* y *Bruchinae*” *Acta Zoológica Lilloana*. 35 (1): 435-474. Publicación Científica Miguel Lillo.
- Yus Ramos, R. 1976. Las especies de Brúquidos (gorgojos de leguminosas) de interés agrícola y fitosanitario (Coleoptera: *Bruchidae*). II Sistemática y biología *Bol. Serv. Plagas*, 2:161-203.



TESIS DOCTORAL

Madera muerta como factor para la gestión de los recursos forestales en bosques del Chaco Semiárido, Argentina

Dead wood as a factor for the management of forest resources in forests of the Semi-arid Chaco, Argentina

Universidad Nacional de Santiago del Estero

Facultad de Ciencias Forestales

Directora: Dra. Ana María Giménez¹ Codirector: Dr. Iván Crespo Silva²

José Antonio Díaz Zirpolo³

RESUMEN

La silvicultura fue desarrollada en el siglo XIX, para atender a las demandas de la época, las cuales consistían principalmente en materiales para la construcción y energía. Sin embargo, las necesidades por parte de la sociedad se han incrementado, además del orden económico, en el sentido ecológico y social.

Durante las últimas décadas es notable el creciente interés por la conservación de la diversidad biológica como uno de los objetivos de la gestión forestal.

Un inventario forestal registra habitualmente determinadas informaciones sobre la producción maderera de los bosques y su disponibilidad, a las que se podrían añadir otros objetivos más amplios de una gestión integrada. Incluso a nivel mundial existe una tendencia a modificar los inventarios forestales tradicionales para que puedan proporcionar más informaciones sobre la diversidad biológica.

Durante los últimos dos siglos, los bosques del Chaco Semiárido fueron vistos como proveedores de madera, mientras que en los últimos años se dio inicio a una mirada holística para la gestión de los mismos. En este contexto, surge la inquietud de incluir y evaluar otros bienes como la Madera Muerta (MM).

La MM, se refiere a toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca. Los bosques producen naturalmente restos de madera principalmente en forma de árboles muertos en pie, troncos caídos y ramas grandes. Esto se debe a la senescencia de éstos y a la acción de los factores relacionados con el clima y el suelo, entre otros. La actividad humana, especialmente la explotación forestal, planificada o no, se considera un factor relevante para la generación de MM en el bosque.

¹ Ing. Ftal. (Univ. Nacional de Santiago del Estero) - Dr. en Ingeniería Forestal (Univ. Nacional de Tucumán). Profesora Cátedra Dendrología. Laboratorio de Anatomía de la Madera. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina

² Ing. Ftal. (Facultad de Ciencias Agrarias de Pará, Univ. Federal Rural de Amazonía) - Dr. en Ingeniería Forestal (Univ. Federal de Paraná UFPR). Profesor Cátedra Silvicultura y Agrosilvicultura. Curso de Pós - Graduação en Ciencias Forestales de la Universidad Federal de Paraná (UFPR).

³ Tesista. Ing. Ftal. (Univ. Nacional de Santiago del Estero) - Dr. en Ciencias Forestales (Univ. Nacional de Santiago del Estero). Profesor Cátedra Dendrología. Laboratorio de Anatomía de la Madera. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. E-mail: diazzirpolo@gmail.com

La MM es un recurso importante y abundante, pero a menudo olvidado en muchos ecosistemas terrestres. A su vez, constituye un componente básico en la estructura y funcionamiento de cualquier bosque puesto que provee hábitat y alimento a muchos animales, plantas y hongos; forma parte activa del ciclo de nutrientes y agua; y representa un verdadero indicador de biodiversidad y reserva de carbono.

Si bien la MM ha sido estudiada bajo diversos enfoques generándose en la actualidad una buena cantidad de trabajos, tratando directa e indirectamente con éste recurso, es importante señalar que la mayor cantidad de referencias corresponden a investigaciones realizadas sobre bosques de Europa y Norteamérica, siendo escasos los antecedentes respecto a estudios de MM en el país. De esta manera, existen vacíos en los conocimientos sobre éste tema, sobre todo al momento de cuantificar la MM en bosques del Chaco Semiárido y en las formas de uso de éste material.

En este contexto la hipótesis que se plantea en la tesis es determinar si la cantidad de madera muerta se relaciona positivamente con la cantidad de madera viva presente en el bosque.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar la relación cualitativa y cuantitativa entre madera viva y madera muerta en bosques del Chaco Semiárido. Para su realización fueron seleccionados 3 sitios de estudio de la provincia de Santiago del Estero, siendo Sitio 1 (Dpto. Salavina); Sitio 2 (Dpto. Pellegrini) y Sitio 3 (Dpto. Copo). En cada sitio fueron confeccionados mapas de vegetación para la determinación de los bosques presentes. Sobre la base de un inventario de madera viva (MV), se adaptó un dispositivo de muestreo para el estudio de la MM mediante el uso de caracterizaciones de este material, tanto in situ (factores bióticos y abióticos) como en laboratorio (uso de estereomicroscopia óptica; microscopia electrónica de barrido - MEB y análisis termogravimétricos-TGA). Se realizaron análisis estadísticos descriptivos, multivariados y se ajustó un modelo mediante Modelo Lineal Mixto (MLM). Los resultados indicaron que existe una relación directa entre el volumen de MM y el volumen de MV; el volumen de MM dependió de la composición y predominancia de especies, de las condiciones específicas del sitio, de las prácticas de manejo realizadas, de la intensidad de uso del recurso y de los grados de deterioro del material; independiente del tipo de bosque, siempre están presentes distintos grados de deterioro de MM, predominando los grados intermedios de descomposición. El grado de deterioro de la MM mantiene relación directa con el diámetro del leño, con la posición del material en relación al terreno, con la densidad de la madera y con la especie de donde se origina el material. A su vez, el sitio y el tipo de MM, considerando sus diferencias y características, son variables clasificatorias para determinar factores que inciden en la producción de MM. Los grados de deterioro y su patrón de ocurrencia, permitieron generar índices de deterioro (ID).

Palabras claves: Madera muerta; Chaco Semiárido; Recursos forestales.



TESIS DOCTORAL

Sistema productivo campesino y conservación del paisaje forestal en el Salado Centro, Santiago del Estero, Argentina

Peasant production system and conservation of forest landscape in the Salado Centro, Santiago del Estero, Argentina

Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales
Director: Dr. Miguel Brassiolo¹

Analía del Valle Guzmán²

RESUMEN AMPLIADO

El bosque chaqueño constituye el 80 % de los bosques nativos de Argentina, concentrando una parte importante en Santiago del Estero. Estos ambientes boscosos contribuyen a sostener funciones ambientales imprescindibles, siendo espacio de vida y fuente de producción de miles de familias campesinas e indígenas que viven en ellos. Sin embargo, el avance de la frontera agropecuaria conlleva cambios naturales y sociales que afectan la capacidad de los ecosistemas de proveer productos y servicios para las generaciones actuales y futuras. Por ello el desafío es encontrar el equilibrio entre conservación y producción, siendo necesario verificar posibles formas de producción que contribuyan a la conservación de paisajes. En ese contexto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la dinámica y diversidad del paisaje del Salado Centro y su relación con las estrategias productivas campesinas. Para lograrlo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: 1) identificar y describir la composición y configuración del paisaje; 2) analizar la dinámica temporal del paisaje entre los años 2000 y 2010; 3) relacionar la dinámica y diversidad de paisajes asociadas a las principales estrategias productivas del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada en la Ecorregión Chaco Seco, en coincidencia con parte del Complejo Valle Juramento Salado, definido por patrones de vegetación asociados a diferentes estructuras geomorfológicas, y parte del Complejo Chaco Subhúmedo Central, definido por matriz de tierra agrícola con parches de bosques degradados. En Santiago del Estero habita 2,2 % de la población de Argentina y más del 50 % es campesina. En esta provincia la estructura de tenencia de la tierra es precaria, siendo que el 70 % de las explotaciones son de uso campesino.

Desde el marco conceptual de sistemas complejos se describieron la composición y configuración del paisaje, analizando la dinámica temporal asociada al paisaje y evaluando la variación en la diversidad de coberturas presentes, asociada a dos estrategias de usos de los recursos naturales. Se combinaron técnicas cuantitativas de análisis del paisaje con técnicas cualitativas para la consideración de los componentes sociales del paisaje.

Los tipos de cobertura del Salado Centro fueron identificados mediante clasificación digital supervisada de stacks multitemporales. La caracterización de los bosques se realizó mediante inventario forestal, análisis fitosociológico y análisis de diversidad (alfa y beta). Se identificaron paisajes asociados a dos estrategias de uso: sistemas campesinos y de uso intensivo, utilizando

¹ Ing. Forestal. (Univ. Nacional de Santiago del Estero) - Dr. en Recursos Naturales (Univ. Friburgo, Alemania). Profesor Titular Cátedra Silvicultura. Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

² Tesista. Ing. Forestal. Tesis presentada como requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Año 2017. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano 1912 (S). 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: aguzman@unse.edu.ar

entrevistas semiestructuradas y mapeos participativo con informantes clave, sistema participativo de información geográfica y validación con grupo focal. La cuantificación del aporte de paisajes prediales según estrategia de uso a la dinámica del paisaje se realizó mediante la métrica porcentaje de paisaje, que permite la comparación de paisajes de tamaño variable. En el análisis de diversidad de coberturas se utilizó Índice de diversidad de Shannon por su sensibilidad a parches raros, permitiendo comparar diferentes paisajes o el mismo paisaje en diferentes momentos, e índice de diversidad de Simpson que permitió determinar la distribución del área entre los tipos de parche, entre otros índices.

Se identificaron 9 coberturas con una concordancia substancial con respecto a verdad de campo (kappa: 0,78); entre ellas 4 tipos de bosque, que definen la matriz del paisaje.

La metodología utilizada permitió cuantificar la influencia de diferentes estrategias productivas sobre la diversidad de paisaje a escala predial. Los resultados demostraron que los paisajes con manejo de producción intensiva reducen las coberturas de bosque, son menos diversos y homogeneizan el paisaje. Mientras que los paisajes con sistemas campesinos son más diversos, mantienen las coberturas de bosque y conservan paisajes heterogéneos.

Si bien existieron variaciones en la composición y configuración del paisaje, los índices y métricas utilizados mostraron que las modificaciones estuvieron asociadas al avance de frontera agropecuaria, y que las estrategias productivas campesinas contribuyen a la conservación de la diversidad del paisaje. Si bien en el Salado Centro existe avance de frontera agropecuaria, la matriz del paisaje continúa definida por presencia de bosque asociado a sistemas campesinos.

Por todo ello, se concluye que las estrategias productivas desarrolladas por los sistemas campesinos favorecen la conservación del paisaje forestal.

Palabras claves: Paisajes forestales; Familias campesinas; Conservación mediante uso; Santiago del Estero.



ARTICULO INVITADO

El desafío de la educación superior en las ciencias forestales

The challenge of higher education in forestry

Giménez, A. M.¹

Recibido en Noviembre de 2017

RESUMEN

En las últimas décadas, los sistemas de educación superior en el mundo han enfrentado una notable redefinición. Diversos indicadores cuali y cuantitativos fueron modificados dando un nuevo perfil a las instituciones que conforman el nivel educativo. La Enseñanza forestal en América Latina, está indisolublemente integrada al manejo de los recursos naturales renovables y su campo de acción. Actualmente resulta ser más amplio que cuando se entendía al sector con el enfoque tradicional. Para atender estas demandas son necesarios recursos humanos con mayor formación, lo que puede conseguirse con estudios de nivel de posgrado. Los estudios de posgrado en Ciencias Forestales, requieren en Latinoamérica de vínculos académicos y científicos. Instituciones como FAO, Mercosur, buscan alternativas para la educación forestal en la región, propiciando intercambio de asistencia y asesoramiento docente forestal entre los países, promoviendo la acreditación, basada en la calidad de la enseñanza. Desde Argentina, la secretaría de Políticas Universitarias (SPU) inicia un programa de Internacionalización de la educación superior y la Cooperación Internacional con el objetivo maximizar el aprovechamiento de las oportunidades que el mundo educativo y académico ofrece en el ámbito nacional, regional e internacional. La FCF, UNSE se inserta en estos programas a través de cooperación con Brasil, Chile y otros.

Palabras claves: Posgrado; Enseñanza forestal; Internacionalización

ABSTRACT

In recent decades, higher education systems in the world have faced a remarkable redefinition. Various qualitative and quantitative indicators were modified to give a new profile to the institutions conforming the educational level. Forestry education in Latin America is inextricably integrated to the management of renewable natural resources and their field of action. Nowadays it turns out to be broader than when the sector was understood within the traditional approach. To meet these demands, more trained human resources are necessary; these can be achieved through graduate studies. In Latin America, graduate studies in Forest Sciences require academic and scientific links. Institutions such as the FAO and the Mercosur seek alternatives for forestry education in the region by promoting assistance exchange and forestry teaching counseling among countries, promoting accreditation on the basis of a education of quality. From Argentina, the University Policies Secretariat (SPU) launches a program for the internationalization of Higher Education and International Cooperation aimed at maximizing the achievement of the opportunities offered by the educational and academic world at the national, regional and international levels. The FCF, UNSE is inserted in these programs through cooperation with Brazil, Chile and others.

Keywords: Graduate; Forest Teaching; Internationalization

¹ Miembro de Número de la Academia de Ciencias y Arte de Santiago del Estero. Docente investigador de la Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: anadendro@hotmail.com

Los desafíos del mundo actual

El mundo actual ofrece múltiples desafíos a la sociedad global. El informe anual del Comité Ejecutivo de la Alianza Global (World Economic Forum, 2017) indica diez temas preponderantes en la agenda global para los próximos años. La investigación identifica los asuntos que, a juicio de este cualificado panel, tendrán un mayor impacto en el mundo durante los próximos años. Los temas de interés se detallan en el siguiente orden: *la desigualdad creciente, la persistencia del desempleo, el déficit de liderazgo, el crecimiento de la competición geoestratégica, el debilitamiento de la democracia, el aumento de la contaminación en el mundo en desarrollo, la mayor frecuencia de catástrofes naturales* (directamente relacionadas con el cambio climático), *el avance de las nacionalismos, mayor estrés por el acceso del agua, la creciente importancia de la salud para la economía y el sentimiento anti-inmigración.*

Hará falta grandes liderazgos y muchos líderes para afrontar estos desafíos, y un nuevo tipo de liderazgo que no tenga raíces financieras, sino éticas (Velasco, 2017).

Si bien no está indicado en este ranking de impactos mundiales, uno de los ámbitos con mayores crisis es la educación. Muchos de los temas apuntados anteriormente tienen estrecha relación o más bien se inician por carencia de ella. Los paradigmas educativos, frente a la realidad del hombre moderno han quedado obsoletos y requieren de un nuevo pensar y hacer.

Los caminos del conocimiento y la forma de abordarlo, abren un mundo nuevo donde cada uno de los partícipes del sistema, debe ampliar su postura y prepararse para grandes cambios. Los aspectos básicos a discutir pueden resumirse en dos preguntas:

El desafío tecnológico: ¿amenaza u oportunidad?

Según García (2007), “el aprendizaje requiere tiempo para seleccionar positivamente las adaptaciones viables. Una sociedad se torna inviable cuando tiene más y más opciones en intervalos temporales más y más cortos”. La tecnología está impulsando precisamente esa aceleración y creando una brecha entre quienes tienen acceso y recursos para asimilar los avances y quienes no los tienen. Es innegable el poder transformador de la tecnología, mucho más profundo del que se puede percibir o incluso de imaginar. Sin embargo, esa fuerza multiplicadora no está al servicio de reducir la desigualdad ni logra frenar aún las tendencias autodestructivas del ser humano en su relación con el ecosistema que habita. La autogestión se apoya en el acceso prácticamente ilimitado a fuentes de información desde cualquier rincón del planeta y en la capacidad de tomar decisiones “on line”. Las principales barreras que impedían esta autogestión, el *espacio* y el *tiempo*, han sido demolidas por la tecnología. Sin embargo, el cambio más profundo es de carácter cultural: la conjugación del verbo compartir. Comunicar es compartir.

¿La demanda de saberes de competencias y de hábitos son las que el sistema ofrece?

Segura (2014) sostiene que las naciones no se merecen, se construyen y la educación es el código fuente. La educación argentina es un complejo sistema con una problemática que puede resumirse en dos aspectos trascendentes. Argentina se debate entre la *calidad* e *inclusión*. El segundo tiene que ver con la cultura actual, que *no premia* la meritocracia y el esfuerzo.

La formación primaria, secundaria y universitaria no tiene todo el nivel esperado. El cuestionamiento es aprendemos poco o pretendemos poco? No se puede concebir una nación desarrollada, competitiva e insertada en el mundo, sin un programa de educación transgeneracional y multidisciplinario que abarque a todos los actores. Hay una demanda de saberes de competencias y de hábitos que no las está proveyendo el sistema educativo formal. Lo que sí está claro es que el profesional requiere actualmente de formación continua y allí radica el eje de la oferta educativa que cada vez es más amplia.

La Educación Superior en América Latina

En las dos últimas décadas, los sistemas de educación superior en el mundo han enfrentado una notable redefinición. Diversos indicadores cuali y cuantitativos fueron modificados dando un nuevo perfil a las instituciones que conforman el nivel educativo. Los procesos de transformación han alcanzado las instituciones universitarias, siendo objeto de cuestionamientos estructurales acerca de sus fines y del cumplimiento de sus responsabilidades (Casanova Cardiel, 1999). Los sistemas latinoamericanos universitarios se caracterizan en su reciente historia por dos factores: *expansión y diversificación*.

Entre las décadas los años 50 y 90 del siglo pasado, se inicia un proceso de crecimiento que aumenta el número de estudiantes universitarios de 2 al 18 % de la población. El número de Universidades en Latinoamérica pasó de 70 a 1500, contabilizándose en Argentina 100 universidades, en Brasil 255 y 85 en Chile hasta 2015 (IESALC UNESCO, 2017).

El estado ha iniciado un proceso de autoregulación a través de nuevos mecanismos de coordinación hacia las universidades impulsando una mayor competencia entre ellas. Ello a partir de un mecanismo de control del Estado, manteniendo una posición externa con influencia a favor de la calidad académica, a través de los procesos de acreditación y calificación de las ofertas académicas.

¿Cuál es el futuro de la educación forestal en América Latina?

La aceleración de los cambios sociales, económicos y tecnológicos puede hacer que las ideas y las instituciones de educación que han estado vigentes queden obsoletas. Según FAO (2007) existen más de 100 instituciones de enseñanza forestal en la región latinoamericana. A nivel de posgrado, es posible obtener grados de Magíster Scientiae en Ciencias Forestales, Ciencia y Tecnología de la Madera, Ciencias en Desarrollo Forestal, Manejo y Conservación de los Recursos Naturales y Medio Ambiente, Ciencias de Productos Forestales, Recursos Naturales Renovables, Manejo de Bosques, Tecnología de Productos Forestales, Manejo de Cuencas, Ciencias Ambientales y otros. A nivel de Doctorado (PhD), grados de Doctor en Ciencias Forestales, Ciencias con Especialidad en Manejo de Recursos Naturales y similares describen el amplio campo de acción que comprende esta alta especialidad de la ciencia forestal.

No obstante, para un continente de bosques son pocas las escuelas forestales en América Latina. Sólo Brasil ha incrementado sus centros de estudios forestales en los últimos 20 años.

FAO (2007) realiza un profundo análisis sobre las perspectivas de la Enseñanza forestal en América Latina. La actividad forestal está indisolublemente integrada al manejo de los recursos naturales renovables y su campo de acción en la actualidad resulta ser más amplio que cuando se entendía al sector con el enfoque tradicional. La nueva conceptualización de la actividad forestal y del papel que le toca jugar al forestal requiere necesariamente de cambios en la fuente de las profesiones forestales, las instituciones de enseñanza forestal.

La oferta curricular y los contenidos deben adecuarse a las exigencias actuales. Ha sido sustituida por ofertas académicas fuera del ámbito forestal que dan respuestas inmediatas a las exigencias presentes, ambientalistas y sociales, la profesión forestal resulta permeable por otras. En la reconceptualización del sector forestal deben considerarse los nuevos enfoques y comprensión de los valores intangibles del bosque, ampliando el concepto forestal y tomando en consideración la participación social y comunitaria en el manejo de bosques así como el uso de las nuevas herramientas de información y comunicación. Para ello el forestal debe entender la multi y transdisciplinariedad del recurso forestal.

Los países de la región tienen fortalezas académicas en diversos temas, pero al mismo tiempo presentan debilidades que pueden solucionarse mediante la cooperación y el intercambio. Es conveniente establecer una red de instituciones de enseñanza forestal en Latinoamérica, que al mismo tiempo sirva para acreditar las instituciones, a partir de criterios e indicadores de la oferta

educacional forestal, que evalúen la comparabilidad y equivalencia de los esquemas curriculares que tienen los países de la región.

La Ciencia Forestal Latinoamericana está escribiéndose. Cada investigación aporta material para definir y establecer alternativas de manejo y uso del recurso integral bosque. El sector forestal no tiene a nivel país la relevancia necesaria.

A pesar de la abundante presencia de bosques naturales en la región, se destaca la baja rentabilidad de la actividad al no haberse creado ni la tecnología apropiada ni fomentado el mercado de productos del bosque tanto maderables como no maderables (FAO, 2007).

Con la incorporación de servicios y bienes ambientales la perspectiva se amplía. Por ello se requiere elaborar un perfil del profesional forestal, determinando previamente la demanda laboral potencial en forma racional y con especificación de requerimientos profesionales. Esto implica la adopción de nuevas estrategias de enseñanza para vincular las propuestas educativas con los nuevos requerimientos en materia forestal ambiental.

La Ciencia Forestal en Argentina

La investigación sobre conservación y manejo de los recursos naturales es un tema emergente en el sistema científico y tecnológico argentino. La reciente intensificación de la agricultura puede ocasionar serios problemas ambientales. Existe la oportunidad de aprender de los errores ajenos y evitarlos modificando a tiempo las prácticas agropecuarias.

Aunque muchos de los problemas de la investigación sobre manejo de los recursos naturales son similares a los de la producción agropecuaria, hay algunas necesidades especiales, que derivan principalmente del hecho de que el gobierno debe cumplir más funciones de largo plazo en este campo que en el de la producción agropecuaria. El sector privado, no tiene incentivo comercial directo para invertir en acciones destinadas a reducir los efectos de la erosión del suelo y de los residuos de fertilizantes y pesticidas que tengan lugar fuera de los establecimientos. Otra diferencia importante es que el factor humano pesa mucho más en el manejo de los recursos naturales. Es bastante más fácil convencer a los productores de que ensayen nuevas variedades de cultivos o nuevas razas de ganado, o de que compren nueva maquinaria o fertilizantes, que persuadirlos de modificar el manejo del suelo, el agua y la vegetación para alcanzar sustentabilidad en el largo plazo.

La investigación forestal en Argentina tuvo dos momentos importantes durante la década de 1990. El Instituto Forestal Nacional (IFONA), responsable de administrar subsidios y realizar tareas de investigación y extensión, fue suprimido y se estableció en el INTA un programa de investigación forestal. Por otra parte, en el marco de un proyecto del Banco Mundial, se otorgaron subsidios por concurso a investigadores del INTA y de las universidades para realizar investigación sobre bosques plantados.

La sanción en 2007 de la ley 26.331 de *Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos*, significó un avance importantísimo en el manejo forestal y una esperanza para detener en primera instancia la deforestación y en segundo lugar la aplicación de un manejo forestal sostenible. Escaso es el tiempo transcurrido desde la aplicación de esta nueva legislación para valorar los resultados de la misma. Esta acción permitió poner en la mira la gestión de los bosques naturales e incrementar las medidas de control, a pesar que siguen siendo desalentadores los índices de desmonte. Según el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sustentable desde la aplicación de la Ley de Bosques (2008) se perdieron 2.389.000 has y Santiago del Estero es la provincia de más alta deforestación con 700.000 ha.

Es un ejercicio comprender que los bosques tienen una escala de sustentabilidad superior a los 100 años según las regiones, por ende, las acciones sobre sus ecosistemas no son valoradas en los plazos políticos o de gestiones técnicas.

El papel de la Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, Santiago del Estero

Ledesma (1999) reseña la historia de la primera Facultad de Ingeniería Forestal en Santiago del Estero a partir de 1958. La Universidad ha posibilitado la formación de profesionales a nivel de grado que se desempeñaron en organismos de gobierno, empresas privadas y organizaciones no gubernamentales. Sin embargo, por causas ajenas y distantes a los recursos forestales, los mismos han venido disminuyendo en cantidad y calidad. A ello se agrega que la consideración de los bosques ha incorporado en su tratamiento aspectos sociales, económicos y ambientales cada vez más amplios, para lo cual se requiere de nuevas competencias. En efecto, el sector forestal argentino ingresó al nuevo milenio dentro de un escenario mundial marcado por cambios significativos y nuevos paradigmas, con una realidad local dinámica y al mismo tiempo paradójica, con la presencia simultánea de algunos indicadores optimistas y otros que requieren la máxima atención.

Para atender estas demandas son necesarios recursos humanos con mayor formación, lo que puede conseguirse con estudios de nivel de posgrado. Las mejoras en la ciencia y la tecnología son decisivas para la ordenación sostenible de los recursos y para mantener su capacidad de producir bienes y servicios. No obstante, los recursos humanos para reforzar la capacidad de investigación son insuficientes.

La formación a nivel de posgrado, en momentos en que hay muy poca inversión en investigaciones, podría ayudar a mejorar la situación con una utilización más eficiente de los recursos escasos.

Los países forestales de la región, como Chile y Brasil, han seguido este camino. Tal situación se evidencia claramente comparando con la superficie forestada en los países vecinos (SAGPyA, 2002).

La Facultad de Ciencias Forestales puede dar una respuesta a las demandas de un mayor desarrollo de la ciencia y tecnología forestal. La creación de estudios de posgrado representa potencialidades que contribuyen a resolver el creciente número de cuestiones sociales y ambientales relacionadas con la utilización de los recursos naturales.

En este contexto, la enseñanza a nivel de posgrado aporta en tres aspectos simultáneamente en: la formación de investigadores de máximo nivel académico, la mejora de la docencia a la cual se vuelcan nuevos conceptos y teorías y en la resolución de problemas a través de los resultados de las investigaciones que se abordan en las Tesis.

La educación, en campos relacionados con el manejo de los recursos forestales, enfrenta grandes desafíos en la actualidad, debido a los rápidos y constantes avances científicos y tecnológicos, así como de la comunicación, y los cambios en los valores de la sociedad con respecto a los bosques. Esto obliga a que los programas y las estrategias de educación deban adecuarse constantemente a esos cambios para formar profesionales capaces de contribuir al manejo sostenible de los recursos forestales y al desarrollo de nuestros países.

En el área de Ciencias Forestales en Argentina se desarrollan los siguientes Posgrados:

Carrera	Universidad	Facultad	Acreditación
Maestría en Ciencias Forestales	Universidad Nacional de Misiones	Facultad de Ciencias Forestales	Proyecto
Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel (con orientación en Ciencias o Tecnologías)	Universidad Nacional de Misiones	Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales Facultad de Ciencias Forestales (El Dorado)	B
Maestría en Control de Plagas y Su Impacto Ambiental	Universidad Nacional de General San Martín	Escuela de Posgrado	No solicitó
Maestría en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas	Universidad Nacional de Tucumán UN Catamarca U.N. Santiago del Estero U.N. Rioja- U.N. Jujuy UNSA	Facultad de Agronomía y Zootecnia Facultad de Ciencias Agrarias Facultad de Agronomía y Agroindustrias Facultad de Ciencias Agrarias Facultad de Ciencias Naturales- Secretaría de Posgrado	C
Maestría en Ecología y Manejo de Sistemas Boscosos	Universidad de Buenos Aires	Facultad de Agronomía- Escuela para Graduados	Proyecto
Maestría y Doctorado en Recursos Naturales	Universidad de Buenos Aires	Facultad de Agronomía- Escuela para Graduados	A
Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales	Universidad Nacional La Plata	Facultad de Agronomía	A
Doctorado en Ciencias Forestales	Universidad Nacional de Santiago del Estero	Facultad de Ciencias Forestales	Proyecto

Posgrado forestal en la UNSE

En la Universidad Nacional de Santiago del Estero, la Facultad de Ciencias Forestales desde 1986 ha ofrecido estudios de nivel cuaternario:

- Magíster en Tecnología de Productos Forestales
- Magíster en Desarrollo de tecnología en la Industria Maderera
- Doctorado en Ciencias Forestales en forma conjunta Universidad Politécnica de Madrid, España- UNSE, Santiago del Estero.
- Doctorado en Ciencias Forestales

Doctorado en Ciencias Forestales 2008/2017

En primera instancia la propuesta se denominó **Magíster en Tecnología de Productos Forestales**, que se inicia en 1986 con 3 alumnos inscriptos, desarrollándose hasta 1988, sin egresados.

En 1995, por Resol FCF N° 086/95 la FCF y Resol. HCS N° 219/95 se aprueba la reestructuración de la carrera de posgrado creándose el magíster con la nueva denominación “**Desarrollo de tecnología en la Industria Maderera**”, basado en el anterior Magíster, bajo la dirección del Dr. Eduardo Coronel, con 15 alumnos inscriptos. En 1996 obtiene el reconocimiento oficial y la validez nacional para el grado académico de Magíster en Desarrollo en tecnología Maderera según Resol. 180/96 del Ministerio de Cultura y Educación, Expte N° 9828-8/95. El reconocimiento y validez nacional es acordado en la Resolución mencionada, la carrera fue evaluada y acreditada por la Comisión de Acreditación de posgrado del Ministerio de Cultura y Educación según N° Orden 291/95 **Cn** (carrera nueva acreditada con 2 egresados). El magíster corresponde a un posgrado estructurado con 13 cursos, más otras actividades curriculares y extracurriculares, con una carga horaria total de 1200 h. Se suspendió la inscripción.

Doctorado Conjunto convenio Universidad Politécnica de Madrid (UPM) Madrid, España y Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, Santiago del Estero, Argentina.

Este posgrado surge como consecuencia de un Convenio de Colaboración Académica, Científica y Cultural entre la UNSE y Universidad Politécnica de Madrid (1995). En dicho marco la FCF y Escuela Superior de Montes de la UPM se comprometen a fomentar el intercambio recíproco de información sobre temas de investigación, cursos de posgrado, de doctorado, libros, publicaciones, y otros materiales de investigación y docencia. Por Resol CD FCF N° 114/96 (9/10/96) se aprueba el reglamento para la carrera de doctorado, que se ajusta a la normativa sobre estudios de doctorado de la UPM. El doctorado requiere de la aprobación de un mínimo de 32 créditos, presentación y aprobación de tesis doctoral. Se inscribieron en el Período Académico 1996/97: 21 alumnos; 1997/98: 13 y 1998/99: 23. Se graduaron 18 doctores.

Doctorado en Ciencias Forestales

Después de 4 años de estudio y análisis de diferentes opciones, la UNSE aprueba la creación del Doctorado en Ciencias Forestales. El Ministerio de Educación de la Nación por Resol. 42/08 y con anuencia de CONEAU, aprueba el doctorado como proyecto de carrera. Las actividades se inician formalmente en abril del 2008. Hasta la fecha se han inscripto 70 postulantes, dictado 100 cursos y egresado 8 Doctores en Ciencias Forestales.

La cooperación internacional en la educación superior, un desafío para las Ciencias Forestales de Latinoamérica

Los estudios de posgrado en Ciencias Forestales, requieren en Latinoamérica de vínculos académicos y científicos. En general mantienen convenios y cooperación con Universidades y centros de Investigación de Europa (Alemania, Finlandia, España) y EEUU. Paradójicamente son escasos los convenios con centros de Latinoamérica. Las acciones de cooperación bilateral tienen como eje estratégico la cooperación con los países de América Latina y del MERCOSUR en particular. A través de estas acciones se intenta potenciar las capacidades y contribuir al fortalecimiento de los sistemas universitarios de la región, fomentando la cooperación interinstitucional.

Instituciones como FAO, Mercosur, buscan alternativas para la educación forestal en la región, propiciando intercambio de asistencia y asesoramiento docente forestal entre los países, promoviendo la acreditación, basada en la calidad de la enseñanza forestal.

Desde Argentina, la secretaría de Políticas Universitarias (SPU) inicia un programa de Internacionalización de la educación superior y la Cooperación Internacional con el objetivo maximizar el aprovechamiento de las oportunidades que el mundo educativo y académico ofrece en el ámbito nacional, regional e internacional.

El eje de acción específico se centra en la inserción de las instituciones de educación superior argentinas en los procesos de internacionalización, integración y desarrollo, con el fin de potenciar las capacidades y contribuir al fortalecimiento de los sistemas universitarios de la región, fomentando la cooperación interinstitucional. Las acciones de cooperación bilateral tienen como eje estratégico la cooperación con los países de América Latina y del MERCOSUR en particular. En lo que refiere a la cooperación multilateral, el eje estratégico se encuentra identificado en el MERCOSUR y la UNASUR.

Otro de los espacios multilaterales de la región donde el Programa tiene participación es el Espacio Iberoamericano del Conocimiento. Tiene el propósito de incrementar los niveles de desarrollo de la región, disminuir la brecha entre los países, garantizando un incremento de la productividad, brindando mejor calidad y accesibilidad a los bienes y servicios por parte de la población e incrementando la competitividad internacional de la región (Hermo, Pittelli, 2008).

Los programas actuales de Cooperación de la Educación Superior son:

1. Programa de Centros Asociados de Posgrado Brasil Argentina (CAPG-BA)
2. Programa de Centros Asociados para el Fortalecimiento de Posgrados Brasil Argentina (CAFP-BA)
3. Programa de Proyectos Conjuntos de Investigación del MERCOSUR
4. Programa Pablo Neruda en el marco del Espacio Iberoamericano del Conocimiento
5. Programa Binacional de Apoyo a Jóvenes Investigadores Argentino-Chilenos

1. Programa de Centros Asociados para el Fortalecimiento de Posgrados Brasil Argentina (CAFP-BA)

PROYECTO 26/10 EDUCACIÓN FORESTAL PARA UN EQUILIBRIO VITAL (2011/14)

La Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE accede al proyecto: *Educación Forestal para un equilibrio vital*, en el marco de la tercera convocatoria SPU/CAPES. Desde 2010 hasta 2014, se establece la cooperación binacional entre el Doctorado en Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina y Doctorado en Ingeniería Forestal, Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil, siendo el único proyecto en la temática forestal. La base de la cooperación recae en dos instituciones de Educación Superior con desigualdades académicas. Se basa en esquemas de asociación académica binacional mediante el cual un posgrado de excelencia académica (PROMOTOR) fortalece a un posgrado de menor desarrollo relativo (RECEPTOR). En Figura 1 se indican las principales debilidades y fortalezas institucionales para fundamentar el proyecto. El objetivo general del proyecto hace referencia a: Promover el fortalecimiento del Programa de Doctorado en Ciencias Forestales de Santiago del Estero, Argentina con la colaboración del Doctorado en Ingeniería Forestal de la UFP, Curitiba, Brasil mediante la asociación flexible de posgrados sobre las bases de un acuerdo de cooperación bilateral.

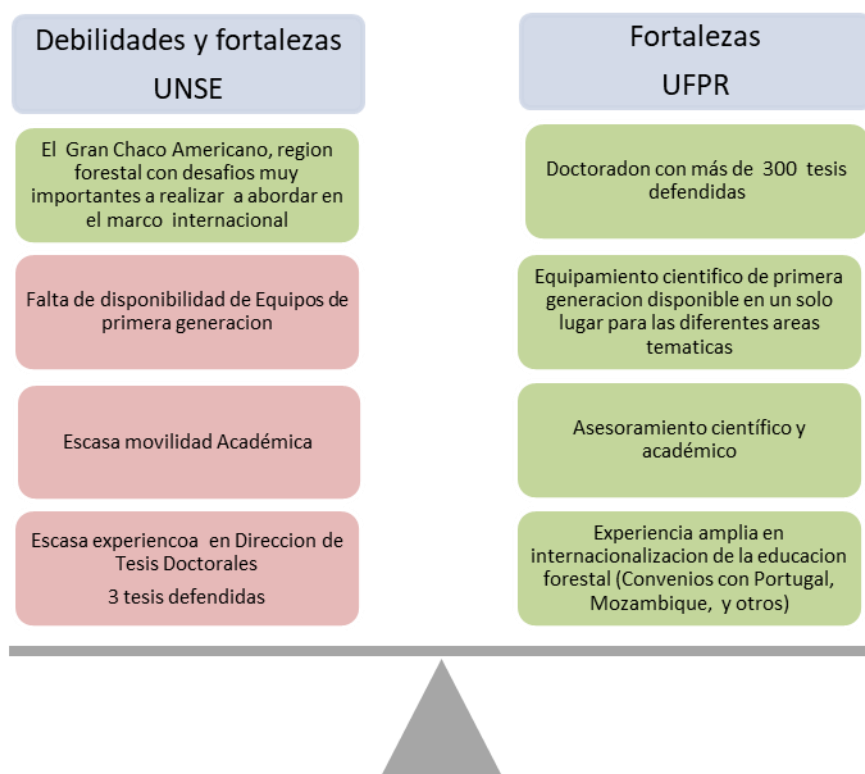


Figura 1. Debilidades y fortalezas de las instituciones participantes.

A lo largo de cuatro años se realizaron 8 Misiones de Coordinación, 15 Misiones de Estudio y 12 Misiones de Trabajo. En Santiago del Estero se dictaron 14 Cursos.

Participaron 15 doctorandos en las misiones de estudio (ME) a la ciudad de Curitiba, Brasil. Las mismas se desarrollaron con el propósito formar recursos humanos en las áreas de silvicultura y manejo de bosque, gestión ambiental, el perfeccionamiento académico y el desarrollo de tesis doctorales. Los doctorandos durante su estancia en Brasil participaron de prácticas de campo, trabajo de laboratorio, viajes de campaña, ciclo de conferencias, etc., que significaron un aporte importante en su formación profesional. En las misiones se dieron conferencias a nivel de posgraduación también en el grado, así como Talleres de Tesis con los doctorandos.

Se concretaron otros logros (Figura 2): El fortalecimiento de las actividades académicas de codirección de Tesis Doctorales en áreas de vacancia.

Aumento de la movilidad de docentes según la oferta de cursos de las unidades receptoras y promotoras.

La mejora de la calidad de los cursos ofrecidos.

Gestión y organización de Talleres, seminarios y actividades académicas que mejoran la mejora de la calidad académica del Doctorado en Ciencias Forestales.

Publicación del libro *Educación e Investigación Forestal para un equilibrio vital*. Cooperación Binacional Argentina Brasil <<http://fcf.unse.edu.ar/index.php/portfolio/educacion-e-investigacion-ducacion-e-investigacion-forestal-para-un-equilibrio-vital-cooperacion-binacional-argentina-brasil/>>. Como actividad del proyecto se decidió en 2013 dejar plasmado algunos aspectos de la cooperación en un libro técnico científico, con la participación de 6 profesores argentinos y 6 brasileños. El libro consta de tres partes. La primera desarrolla el tema de la cooperación binacional. La segunda: AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN FORESTAL EN DOS REGIONES DE ARGENTINA Y BRASIL con 12 capítulos. Y la tercera parte: TEMAS DE TESIS. BECARIOS QUE PARTICIPARON EN EL PROYECTO, con 12 resúmenes de tesis de los doctorandos becados por el proyecto. Las editoras del libro son las Coordinadoras de proyecto Dra. Graciela Bolzón y Ana M. Giménez. Está prologado y evaluado por el Ms. Sc. Pedro E. Boletta (UNSE) y Dr. Sebastião A. Machado (UFPR).

Se establecieron vínculos académicos para que investigadores brasileños participen como editores de la Revista Científica Quebracho, FCF, UNSE.

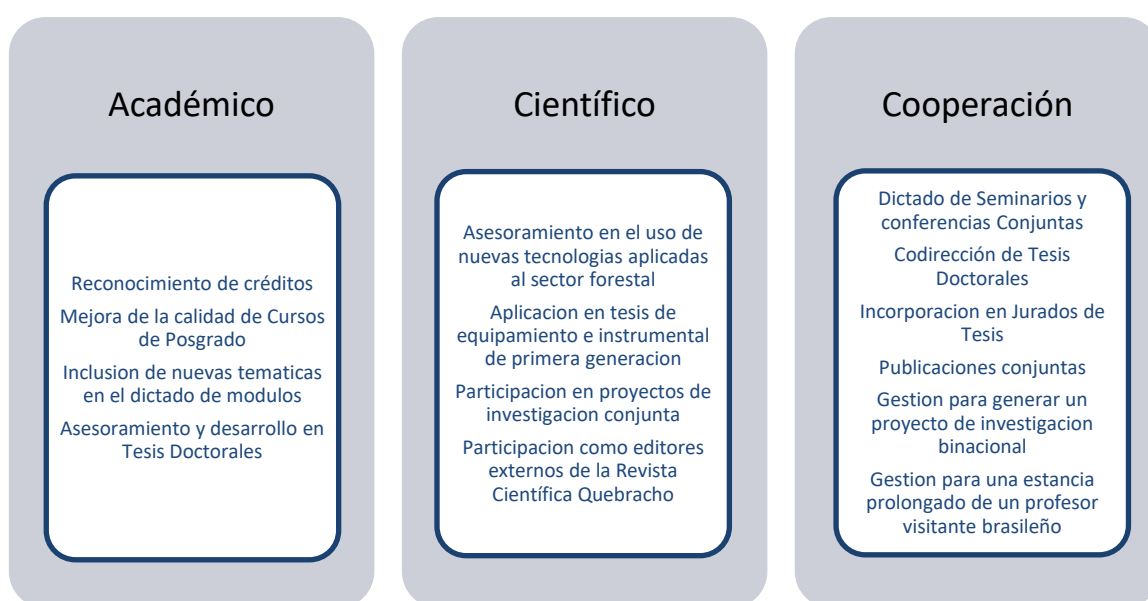


Figura 2. Principales logros del proyecto 2011/2014

Segunda Etapa:**Proyecto 056/14: CONSOLIDANDO UN VINCULO PERMANENTE EN EDUCACION FORESTAL (2015/18)**

La potencialidad de continuar la asociación UNSE/UFPR se concreta en un segundo proyecto N 056/14 (Resol SPU 4361): CONSOLIDANDO UN VINCULO PERMANENTE EN EDUCACION FORESTAL. En esta segunda etapa se trabaja en fortalecer con lazos estables y seguros el camino de cooperación iniciado. La potencialidad de la asociación UNSE/UFPR se concreta con la aprobación del segundo proyecto.

Se ejecutaron 4 Misiones de Coordinación, 13 Misiones de Estudio y 10 Misiones de Trabajo. Se está en proceso de edición de un segundo libro de cooperación internacional, a publicar en 2018.

La cooperación internacional permitió acercar a dos países, dos regiones, dos instituciones. El fruto de 7 años de proyecto fue muy interesante y de importantes logros. Poder compartir experiencias en dos realidades muy diferentes, fue sumamente enriquecedor. Definir prioridades, metodologías, compatibilizar investigaciones y planificar acciones futuras, fue parte de este proceso.

Cuesta decir que, si bien los desafíos de la actividad forestal actual de ambas universidades son similares, las estrategias de abordajes y las posibilidades reales de desarrollo científico son muy diferentes. UNSE, Argentina, cuenta con un importante bagaje científico y recursos humanos formados. UFPR Brasil, además de ello posee un extraordinario equipamiento de última generación que permite un salto cualitativo en el mundo científico. La brecha entre ambos países es cada vez mayor. Desde Argentina es fundamental poder gestionar préstamos internacionales para la adquisición de nuevo equipamiento.

La problemática forestal y el desafío de desarrollo tienen una tendencia general en América Latina. Las escalas y la variabilidad de los sistemas ecológicos ponen a prueba nuevas alternativas de trabajo.

La realidad forestal de dos regiones inmensas, el Chaco Argentino y la selva Paranaense, importantes desde lo territorial y lo ambiental, ha tenido un profundo cambio por una influencia antrópica sostenida y de grandes magnitudes en el siglo XX, que modificaron las condiciones regionales.

El desafío es acompañar esos cambios con la mira en el futuro, desarrollando tecnologías amigables con el ambiente, educando ambientalmente y generando estrategias sostenibles para la de gestión del recurso forestal.

A medida que se avanza en el siglo 21, la dimensión internacional de la educación superior se hace más importante y al mismo tiempo, más compleja. Hay nuevos actores, nuevos fundamentos, nuevas regulaciones y un nuevo contexto de globalización. La internacionalización se ha convertido en una fuerza formidable para el cambio. Esta discusión reconoce los múltiples y variados beneficios atribuidos a la internacionalización, pero su objetivo principal son las consecuencias no intencionadas, que necesitan ser abordadas y monitoreadas.

2. Programa binacional de apoyo a jóvenes investigadores Argentina - Chile

En el año 2010 con motivo del bicentenario SPU lanzó una convocatoria para apoyo a Jóvenes investigadores. El Doctorado en Ciencias Forestales, FCF, UNSE a través de la becaria Dra. María Eugenia Figueroa, accedió a un proyecto binacional Argentina-Chile. El área temática: Conocimiento y Uso Sustentable de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente; Proyecto: El ecoturismo como herramienta de sensibilización ambiental. La cooperación estuvo a cargo de Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, Santiago del Estero y Laboratorio de Ecología de la Universidad de Los Lagos. Participaron 2 coordinadores binacionales y 4 becarios.

El objetivo del proyecto fue: la cooperación internacional, promoción de la conservación, recuperación y manejo sostenible del bosque nativo, la utilización de sus productos y servicios, mediante un programa de interpretación y educación ambiental aplicado a circuitos ecoturísticos.

El futuro

En base a la experiencia adquirida en el proceso de internacionalización de los estudios de Posgrado en Ciencias Forestales, a partir de los proyectos en ejecución, se analizan perspectivas político-sociales, científicas y académicas de los posgrados latinoamericanos.

Ahora el camino es generar una red internacional de Programas de Posgrado en Ciencias Forestales para América Latina y el Caribe, y diseñar acciones conjuntas para la cooperación científica-académica. A través de estas acciones se busca potenciar las capacidades y contribuir al fortalecimiento de los sistemas universitarios de la región, fomentando la cooperación interinstitucional. Por otro lado, dentro de este ámbito de acción también se intenta lograr un mayor aprovechamiento de las oportunidades de cooperación internacional, a los efectos de promover el desarrollo del sistema universitario argentino. El desafío es concretar los lazos académicos-científicos que permitan fortalecer el futuro de nuestras instituciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Bucarey, J. 1974/75. La enseñanza forestal en América del Sur. Bosque, medio ambiente y necesidades del hombre. *Unasylva* 107.
- Casanova Cardiel, H. 1999. Educación superior en América Latina y Gobierno. *Revista Española de Educación Contemporánea* 5: 155-176.
- FAO. 2007. *Estado Actual y Perspectiva de la Educación Forestal en América Latina*. 73 pág.
- Bucarey, J. R. E. 1974 La enseñanza forestal en América del Sur. [en línea] Fecha de consulta: 10/10/2013. *Unasylva* 27(107) Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/f3730s/f3730s03.htm>>
- García, E. 2007. Sostenibilidad y tecnología en el post-desarrollo. Universitat de València. versión castellana del publicado en francés con el título “La technologie et les dilemmes de la décroissance”, en *Entropia-Revue d'Étude Théorique et Politique de la Décroissance*, N° 3, automne 2007, pp. 142-155.
- Giménez, A. M. y G. I. Bolzón Muñiz. 2014. La cooperación internacional en la educación superior, un desafío para las ciencias forestales de Latinoamérica. SPU- Programa centros asociados para el fortalecimiento de los posgrados Argentina Brasil CAFB-BA <http://portales.educacion.gov.ar/spu/cooperacion-internacional/cooperacion_bilateral/cafb-ba/>
- Hermo, J.; C. Pittelli. 2008. Globalización e internacionalización de la educación superior. Apuntes para el estudio de la situación en Argentina y el Mercosur. *Revista Española de Educación Comparada*, 14 (2008): 243-268.
- IESALC / UNESCO, 2017. Lista de universidades. Pensamiento Universitario Latinoamericano. [en línea]. Disponible en: <http://www.unesco.org/ve/index.php?option=com_content&view=article&id=2529:argentina&catid=210&Itemid=757>
- Segura, J. M. 2014. Yo qué sé, la educación Argentina en la encrucijada. Editorial Dunken.
- Velasco, J. M. 2017., miembro del Comité Ejecutivo de la Global Alliance
- World Economic Forum. 2017. <<https://www.weforum.org/>>

