

# 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 2021

Volumen 29 (1,2)

## Comité editor interno

Equipo Editor Principal

*Dr. Miguel Sarmiento*  
*Esp. Ing. Ind. Forestales Myriam Ethel Ludueña*  
*Téc. Fabián Zubrinic*

Editores Asociados titulares

*Dra. Juana Graciela Moglia*  
*Dra. Sandra Josefina Bravo*  
*Dr. Diego Meloni*

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.*  
*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*

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 en el rubro Ciencias Agrarias, Ingeniería y Materiales. Portal **SciELO** (Scientific Electronic Library Online)

*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.

## Edición

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

## Financia



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



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.



La revista *Quebracho* adhiere a la declaración de DORA sobre la evaluación de la investigación.



Sello DOAJ: Promoviendo las mejores prácticas de publicación en acceso abierto

Foto de tapa: Fabian Zubrinic

## REFERENTES

- Dra. Susana Saavedra** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Ing. Forestal Rodolfo Martiarena** / INTA Montecarlo, Misiones, Argentina.
- Dr. Ing. Forestal Héctor Gonda** / CIEFAP y Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Esquel, Chubut, Argentina.
- Dra. Pamela Villalba** / CICVyA - INTA, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.
- Ph.D. Prof. Edson Furtado** / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil.
- M. Sc. Ing. Claudia Gallardo** / Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina.
- Dr. Mauricio Ponce Donoso** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, Talca, Chile.
- Dra. Ing. Montes Esperanza Ayuga-Téllez** / Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, España.
- Dra. Ing. Forestal Patricia del Carmen Hernández** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dra. Cecilia Andrea Gomez** / Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia "San Juan Bosco", Argentina.
- Dr. Ing. Forestal Diego Meloni** / Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Alejandro Friedl** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- M. Sc. Adriana Gómez** / INTA EEA - Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Pablo Aceñolaza** / Universidad Nacional de Entre Ríos, Entre Ríos, Argentina.
- Dra. Ana Juan** / Universidad de Alicante. España.
- Dr. Eng. Diego M. Yepes Maya** / Universidade Federal de Itajubá / UNIFEI, Brasil.
- Dra. Marta Boetto** / Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC, Córdoba, Argentina.
- Dr. Oscar Alberto Aguirre-Calderón** / Facultad Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.
- M. Sc. Ing. María Virginia Inza** / INTA Castelar, Buenos Aires, Argentina.
- M. Sc. Juan Adolfo López** / INTA EEA - Bella Vista. Corrientes, Argentina.
- Dra. Ing. Silvia Guillén** / Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- M. Sc. Ing. Forestal Ernesto Crechi** / INTA Montecarlo, Misiones, Argentina.
- Dra. Lcda. Ecología Carla Rueda** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Ing. Forestal Juan Manuel Cellini** / Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Mag. Ing. Forestal Norma Vera** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- Dr. Carlos Martínez** / Universidad Federal de São Paulo, Brasil.
- Dra. Ing. Gabriela S. Lucero** / Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo), Mendoza, Argentina.
- Dr. Luis Mario Chauchard** / Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, de la Universidad Nacional del Comahue, Argentina.
- Dra. Mónica Murace** / Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Dr. Hugo Acosta** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Mag. Ing. Forestal Teresa Suirezs** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- Dr. Gabriel Loguercio** / CIEFAP y UNPSJB. Esquel. Chubut.
- Dra. Silvana Nisgoski** / Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Dr. Adrián Bender** / Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
- Dra. Gabriela Cardona** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Diego López Lauenstein** / Instituto Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales. INTA Córdoba, Argentina.
- Dra. Natalia Macedo Ivanaukas** / Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Universidade do Estado de Mato Grosso, São Paulo, Brasil.
- M. Sc. Ing. Forestal Hugo Fassola** / Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) E.E.A. Montecarlo, Misiones.
- Dra. Miryan Ayala** / Facultad de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Formosa, Argentina.
- Dr. Pablo Peri** / Universidad Nacional de la Patagonia Austral - UTN - CONICET, Argentina.
- M. Sc. Ing. Silvia Ana Carla Cravero** / Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Dr. Néstor Javier Mancera Rodríguez** / Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Colombia.
- M. Sc. Ing. Teresa Boca** / Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA), Buenos Aires, Argentina.
- Dr. Jorge Luis Monteiro de Matos** / Universidade Federal do Paraná (UFPR-Br), Curitiba, Brasil.
- Dra. Liliana Diodato** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Carlos Sanquetta** / Universidad Federal de Paraná (UFPR). Curitiba. Brasil.
- Dra. Liliani Tiepolo** / Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral - Matinhos PR – Brasil.
- Dr. José Corronca** / Universidad Nacional de Salta. Argentina.
- Dra. María de los Angeles Basualdo** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Damián C. Castro** / Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe, Argentina.
- Dra. Ana Haide Ladio** / INBIOMA / CONICET. Universidad Nacional del Comahue. Neuquen, Argentina.
- Dr. Miguel Sarmiento** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dra. Ing. Forestal Natalia Raffaeli** / Facultad Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein** / Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.
- M. Sc. Verónica Parra** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Héctor Alejandro Keller** / Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE CONICET), Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.
- Dra. Romina Cavagnaro** / Facultad de Agronomía de la UBA, Buenos Aires, Argentina.
- Dr. Ignacio Aspiazú** / Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba. Brasil.
- Sc. Eugenia Toselli** / Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Pablo Villagra** / IANIGLA - CONICET y Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Mendoza, Argentina.
- Ph.D. Olga Patricia Pinzón** / Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.
- Dr. Hugo Raul Zerda** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Magister Ing. Forestal María de los Angeles García** / INTA EEA Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Dr. Martín Gonzalo Sirombra** Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- M. Sc. Ing. Ind. Forestales Estela Pan** / ITM, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Mag. Ing. Forestal Obdulio Pereyra** / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Misiones, Argentina.
- Dra. Renita Betero Corrêa Frigeri** / Universidad Federal de Rondonia. Brasil.
- Mg. Manuel Palacio** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dra. Cecilia Curis** / Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, ciudad de Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- M. Sc. Ing. Forestal Sergio Ramos** / EEA Concordia, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Concordia, Entre Ríos, Argentina
- Dra. Ing. Forestal Analía Guzmán** / Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE, Santiago del Estero, Argentina
- Dr. José Antonio Díaz Zirpolo** / Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- M. Sc. Gabriela Targa** / Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Dr. Osvaldo Encinas** / Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- Dra. Ana María Cenzano** / Centro Nacional Patagónico (CENPAT) - CONICET. Chubut, Argentina.
- Dr. Samuel Rivera** / Utah State University. Logan. Utah. Estados Unidos.
- Dra. Jacqueline Joseau** / Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dr. José Omar Bava** / CIEFAP. Esquel. Chubut, Argentina.

## Editorial

### *Nuevos desafíos post pandemia*

#### **2021 Año Internacional de las Frutas y Verduras**

La Asamblea General de las Naciones Unidas designó el año 2021 como el Año Internacional de las Frutas y Verduras (AIFV). La FAO es el organismo encargado de celebrar el año en colaboración con otras organizaciones y órganos competentes del sistema de las Naciones Unidas.

A los efectos de aclarar lo que son las frutas y las verduras, la ONU, en el marco del AIFV define a las frutas y verduras como las partes comestibles de las plantas (por ejemplo, estructuras portadoras de semillas, flores, brotes, hojas, tallos, brotes y raíces), ya sean cultivadas o cosechadas en forma silvestre, en estado crudo o en forma mínimamente elaborada. Esta definición incluye a los frutos que se obtienen de los árboles que, desde los orígenes del hombre, alimentaron a los pueblos originarios y a los actuales que habitan los bosques.

El término general “frutas y verduras” abarca una increíble gama de especies, variedades, sistemas de cultivo, condiciones agroclimáticas y tipos de explotaciones y mercados. No se puede utilizar un único enfoque de producción para todas ellas. Para que la producción sea sostenible, las prácticas y tecnologías deben ajustarse al contexto local.

La mayoría de los frutos crecen en los árboles que deben ser plantados, cuidados y cosechados. Las verduras, (la mayoría de las cuales son cultivos anuales) deben ser sembradas, trasplantadas, desherbadas, manejadas para el control de plagas y enfermedades, y cosechadas. Esas actividades tienden a intensificarse en mano de obra y habilidades, que, si bien genera empleo, también aumenta el costo de producción, lo que hace subir los precios.

Destacar la importancia del consumo de frutas y verduras es necesario; ya que la falta de estos elementos en la alimentación humana puede traer problemas de salud. La misma Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda consumir por lo menos 400 g diarios para obtener sus beneficios para la salud y nutricionales. Algunos estudios científicos reportan que la ingesta insuficiente de frutas y verduras es la causa de alrededor del 14 % de las muertes por cáncer gastrointestinal en todo el mundo, del 11 % de las muertes por cardiopatías isquémicas y del 9 % de las muertes por accidentes cerebrovasculares.

El Año Internacional de las Frutas y Verduras se centra en los productos frescos o mínimamente procesados. No obstante, reconoce que las formas procesadas de frutas y verduras son importantes para los medios de vida y los ingresos de los agricultores, el comercio, la seguridad alimentaria y la nutrición.

En ese contexto los ecosistemas forestales no quedan exentos de estas actividades ya que juegan un papel importante como soporte de la producción natural de frutas y verduras por los servicios ecosistémicos que brindan. En ellos, es posible y necesaria la implementación de prácticas sostenibles de producción y recolección de frutas y verduras provenientes exclusivamente de los bosques. Estas prácticas no solamente podrían mejorar el nivel de ingresos monetarios de comunidades que dediquen sus actividades al manejo de los bosques para la obtención por cosecha o producción de frutos sino que generarían beneficios ambientales asegurando entre otros aspectos la conservación de la biodiversidad.

Esas prácticas están orientadas a desarrollar sistemas agroalimentarios más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles. Ese objetivo solo puede ser alcanzado si se trabaja de manera coordinada entre instituciones relacionadas al manejo y decisiones del uso de los productos del bosque. Este escenario del AIFV 2021 ofrece la oportunidad única de sensibilizar sobre la importancia de las frutas y verduras para la nutrición humana, la seguridad alimentaria y la salud, y para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

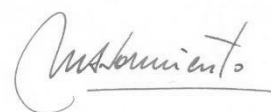
Siguiendo ese razonamiento observamos que estas actividades permitirían alcanzar y lograr el cumplimiento de los ODS. Entre los tantos aspectos que abarcan los ODS de destacan los beneficios de las frutas y verduras para la salud de las personas, así como una dieta diversificada (ODS 2 y 3), calidad, inocuidad, garantía de suministro en sus cadenas productivas, disponibilidad para su consumo y mejoras tecnológicas e innovación en su producción evitando pérdidas y desperdicios de alimentos (ODS 2, 8, 12, 13, 14 y 15). Por un lado, se lograrían cadenas de valor sostenibles e inclusivas desde los puntos de vista económicos, social y ambiental (ODS 1, 2, 12 y 15); y por otro se destacaría el papel de los agricultores familiares sosteniendo una actividad biodiversa en busca de una creciente prosperidad económica basada en una gestión sostenible de los ecosistemas (ODS 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12 y 15).

La misma FAO sostiene que, los productos alimentarios vegetales de origen forestal pueden ser catalogados como hojas, semillas, nueces, frutas, tubérculos, raíces, jugos, resinas, gomas, hongos, sal y medicinas. En conjunto, añaden diversidad y sabor a la dieta humana, y proveen también proteínas, energía, almidón, vitaminas, y minerales esenciales. Algunos productos son recogidos y comidos sin elaboración alguna, mientras que otros deben pasar por una compleja transformación para poder ser ingeridos. Las hojas silvestres, tanto frescas como secas, son uno de los productos forestales más amplios y comúnmente consumidos en diferentes países. Frecuentemente son usadas como base de sopas, estofados y salsas, acompañando a alimentos básicos que, como el arroz o el maíz, contienen carbohidratos. Esta combinación es importante porque además de aumentar el valor nutritivo del alimento, estimulan un mayor consumo al dar sabor a las dietas básicas (que de otro modo serían sosas)

Los bosques nativos del Parque Chaqueño ofrecen una variada oferta de frutos provenientes de los árboles tales como el algarrobo, mistol, chañar, además de una oferta de frutas provenientes, mayormente, de cactáceas además de hierbas comestibles y también curativas tras su ingesta como infusiones o aplicaciones culinarias. Los conocimientos y saberes de las bondades de las plantas por parte de los habitantes de estas regiones constituyen un capital de conocimiento invaluable que es necesario mantener para permitir parcialmente asegurar alimentos para las poblaciones de zonas con bosques.

Estudiar sus propiedades y potencialidades de producción de frutos, frutas y verduras y demás hierbas de utilidad nutricional, condimentaria y aromática es una tarea a desarrollar en las investigaciones que se planteen para aprovechar de manera sustentable estos bienes naturales y los servicios que se relacionan.

Manejando nuestros bosques con criterios de sostenibilidad podremos asegurar alimentos para nosotros y nuestras generaciones futuras.



*Dr. Miguel Sarmiento*  
Equipo Editor  
Revista Quebracho  
Santiago del Estero, diciembre de 2021

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](mailto:revistaquebracho@unse.edu.ar)  
Web site: <http://fcf.unse.edu.ar/index.php/quebracho-revista-de-ciencias-forestales/>  
Tiraje: 300 ejemplares (solo para canje).

TRABAJO CIENTÍFICO

# Influencia de las propiedades edáficas sobre el crecimiento de *Schinopsis balansae* Engler en el Parque Chaqueño Húmedo (Argentina)

*Influence of soil properties on the growth of Schinopsis balansae Engler in the Humid Parque Chaqueño (Argentina)*

Prause, J.<sup>1</sup>; C. Fernández López<sup>2</sup>; J. F. Gallardo Lancho<sup>3</sup>

Recibido en mayo de 2021; aceptado en septiembre de 2021

## RESUMEN

*Schinopsis balansae* (quebracho colorado chaqueño) es una especie dominante característica del Chaco Húmedo Argentino, que se desarrolla en suelos con limitaciones físicas escasamente reversibles, que sólo las especies arbóreas de alta rusticidad pueden colonizarlos. El objetivo del trabajo fue analizar las propiedades edáficas que pueden influir sobre el crecimiento y desarrollo de reforestaciones con *S. balansae* en la ecorregión del Chaco Húmedo argentino. Al efecto fueron seleccionados cuatro sitios forestados con *S. balansae* en la ecorregión del Chaco Húmedo en el Parque Chaqueño Oriental. Las plantaciones de la misma franja etaria (10 - 12 años), similar distancia de plantación (4 m x 4 m) y estado sanitario. En cada sitio se seleccionaron 12 árboles representativos, midiéndose el diámetro altura de pecho (DAP) y la altura de fuste, tomándose muestras de suelo a 0 a -10; -10 a -25; -25 a -55; y -55 a -115 cm de profundidad. Se realizaron las siguientes determinaciones: textura; densidad aparente (Da); porosidad capilar (Pmc); pH; conductividad eléctrica (CE); materia orgánica edáfica (MOS); Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup> de cambio; y relación de adsorción de sodio (RAS). Se concluye que las propiedades edáficas condicionantes para el crecimiento y desarrollo de forestaciones con quebracho colorado chaqueño son la salinidad (positivamente, relacionada con la conductividad eléctrica) y negativamente la textura (exceso de arcilla) que afectarían a la instalación y crecimiento del quebracho colorado chaqueño; aunque en profundidad se prefiere un aumento de la RAS, pero manteniéndose una moderada salinidad.

**Palabras clave:** propiedades edáficas, reforestaciones, quebracho colorado chaqueño.

## ABSTRACT

*Schinopsis balansae* (quebracho colorado chaqueño) is a dominant species, characteristic of the humid Chaco (Argentina) where the quality of the soil is often low, primarily due to physical limitations (poor drainage), i.e., where only tree species of high rusticity can colonize. The objective of the study was to analyze the edaphic properties that may influence the growth and development of reforestation using quebracho (*S. balansae*) in the Argentine humid Chaco ecoregion. For this purpose, four sites forested with plantations of the same age (years 10-12), similar distance (4 x 4 m<sup>2</sup>) and health status of *S. balansae* were selected. In each site, twelve individuals were measured at their diameter at height of chest (DAP) and trunk length (H), and its soil sampled at 0 to - 10; -10 to - 25; -25 to - 55; and - 55 to - 115 cm depth. The following parameters were measured: texture; bulk density (Da); capillary porosity (Pmc); pH; electrical conductivity (CE); soil organic matter (MOS); exchangeable Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup>; and (RAS) sodium adsorption ratio. It is concluded that the edaphic properties conditioning the growth and development of afforestations with quebracho colorado chaqueño are salinity (positively, related to electrical conductivity) and texture (negatively, excess of clay) that would affect the installation and growth of the quebracho colorado chaqueño; even though, concerning depth, an increase in de RAS is preferred, though keeping a moderate salinity.

**Key words:** edaphic properties, afforestations, quebracho colorado chaqueño.

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Chaco Austral (UNCAUS). Cmte. Fernández N° 755. (3700) Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. Argentina. E-mail: juanprause@uncaus.edu.ar

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA - Corrientes. Ruta Nacional 12 km 1008 (3416) Corrientes, Argentina.

<sup>3</sup> Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.), Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA). 37008 Salamanca. España.

## 1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el bosque nativo se ha venido manejando como un recurso natural no renovable, esto es, sin tener en cuenta su posible regeneración, por lo que para la repoblación o regeneración quedaron los ejemplares más viejos y enfermos (Morello *et al.*, 2007; Morello, 2012) y especialmente los bosques de quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae* Engler) sufrieron una fuerte modificación, debido a una intensa explotación forestal (Barberis *et al.*, 2005). Es una especie pionera que muestra una amplia distribución ecológica; instalándose en sitios no inundables y también en aquellos que sufren anegamientos prolongados (Marino y Pensiero, 2003), también en suelos arcillosos, alcalinos y con drenaje insuficiente (Barberis *et al.*, 2012). Por tanto, se considera que el factor principal de la formación de los bosques del Chaco es el tipo de suelo (Lebedeff, 1933). Es una especie característica de la región chaqueña oriental y no se regenera espontáneamente dentro del bosque (Barret, 1997). Su regeneración natural se produce fuera de él; desde el borde de éste hacia fuera y para la germinación de las semillas necesita temperaturas de aproximadamente, 34 °C a la sombra (Valentini, 1960; Carnevale *et al.*, 2004).

Los suelos donde se encuentran instalados los quebrachales son de origen fluvio-lacustres y con frecuencia presentan horizontes edáficos impermeables (Popolizio *et al.*, 1978; Ledesma y Zurita, 1995). La calidad de los suelos suele ser baja, fundamentalmente, por las limitaciones físicas existentes y sólo prosperan las especies arbóreas de alta rusticidad (Patiño *et al.*, 1994). La distribución de los individuos adultos de las especies dominantes en el quebrachal se ha atribuido a variables hídricas y salinas (Carnevale *et al.*, 2004). *Schinopsis balansae* crece en los bordes de las áreas convexas donde es una de las especies dominantes del estrato superior (Barberis *et al.*, 2005) y también se la encuentra formando parte de los montes densos que ocupan los “blanquizales o gredales”, con texturas limo-arcillosas, impermeable, fuertemente salino-alcalino en todo el perfil (Barberis *et al.*, 2012).

Resultados reportados por diversos autores (Carnevale *et al.*, 2004; Morello *et al.*, 2007; Barberis *et al.*, 2012), indican que la salinidad no sólo limita la germinación de *S. balansae*, sino que también afecta a las plántulas tras su germinación por encima de una concentración de 0,2 molal de NaCl, mostrando signos de inhibición de crecimiento o anomalías tanto en el hipocótilo como en las raíces, por encima de 0,3 molal de la sal. Esto ha llevado a postular que las variaciones espaciotemporales de la concentración salina de los suelos influyen en la instalación del quebrachal, particularmente en el horizonte superficial al determinarse la zona de máxima actividad radical utilizando el isótopo <sup>32</sup>P en *S. balansae* determinándose que la mayor cantidad de raíces fisiológicamente activas se encuentran a 10 cm de profundidad (Prause y Marinich, 2000). El objetivo del trabajo es relacionar las propiedades edáficas a diferentes profundidades del perfil de suelo, que puedan influir sobre el crecimiento y desarrollo de reforestaciones *S. balansae* en la Ecorregión del Chaco Húmedo Argentino. La hipótesis planteada en este trabajo es que las propiedades químicas del horizonte superficial tienen preponderancia sobre las propiedades físicas y, en consecuencia, inciden prioritariamente sobre el crecimiento y desarrollo de *S. balansae*; por el contrario, en los horizontes subsuperficiales las propiedades físicas son las que más influyen sobre el desarrollo del árbol.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas reforestadas elegidas se encuentran incluidas en la Ecorregión del Chaco Húmedo en el Parque Chaqueño Oriental, Argentina (Morello, 2012). El sector oriental de la Provincia del Chaco clasificada climáticamente según Köppen como (Cf) Clima templado húmedo (Strahler y Strahler, 1997), con una temperatura media de 21,5 °C y la precipitación media anual de

1.343 mm año<sup>-1</sup> (EEA INTA Colonia Benítez, 2012). También se corresponde con un clima de Bosque abierto y Parque semidecídulo subtropical (Bruniard, 2000). El estudio fue realizado en cuatro parcelas o sitios reforestados con *S. balansae*; tres de ellos localizados en Puerto Tirol (27° 22' S - 59° 04' W y 51 m s.n.m.) y el cuarto en La Escondida (27° 05' S - 59° 27' W y 63 m s.n.m.). Los mismos fueron elegidos poniendo énfasis en las variables orográficas y edáficas y las plantaciones más representativas de la misma franja etaria (10 - 12 años), con similar distancia de plantación (4 m x 4 m) y estado sanitario. Los suelos de los sitios 1 y 2 fueron clasificados como Natracualf típico, mientras que en el sitio 3, reforestado usando camellones, el suelo se clasificó como Natracualf albico (los tres localizados en Puerto Tirol). El sitio 4 fue clasificado como Natrustalf mólico (localizado en La Escondida).

Los cuatro sitios presentan en todo el perfil un porcentaje de arcilla superior al 30 % (Tabla 1), seleccionándose en cada sitio 12 árboles representativos, midiéndose el diámetro altura de pecho (DAP) y la altura de fuste (H). Se tomaron muestras de suelo a cuatro profundidades (0 - 10; 10 - 25; 25 - 55; y 55 - 115 cm) bajo la proyección de copa de cada uno de los árboles seleccionados, determinando: textura, método densimétrico; densidad aparente (Da) por el método de la probeta (Montenegro González *et al.*, 1990); por cálculos se determinó la porosidad capilar o microporosidad (Pmc); (Montenegro González *et al.*, 1990); pH en agua (1:2.5) mediante potenciometría; conductividad eléctrica (CE); materia orgánica edáfica (MOS) por el método de Walkley-Black (Sparks *et al.*, 1996); los cationes de cambio por desplazamiento con acetato amónico neutro, determinando Ca<sup>2+</sup> por complejometría; y K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup> por fometría de llama (Sparks *et al.*, 1996) y Relación de Adsorción de Sodio (RAS) en extracto de pasta saturada (Sparks *et al.*, 1996).

El análisis estadístico consistió en un análisis de la varianza, para determinar si existían diferencias significativas entre los sitios en estudio respecto al diámetro altura de pecho y altura de fuste aplicando la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) y un MANOVA para analizar posibles interacciones de las variables de suelo sitio y profundidad. Para determinar la propiedad del suelo que más se relacionan con los distintos tratamientos, se utilizó un análisis de componentes principales. Se utilizó el software INFOSTAT 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

### 3. RESULTADOS

La Tabla 2 muestra que en el sitio 2 se presentan los valores significativamente mayores ( $P < 0,05$ ) del diámetro altura de pecho (DAP) y la altura de fuste ( $11,9 \pm 0,19$  cm y  $6,9 \pm 0,10$  m) respecto a los demás sitios reforestados; por tanto, es el sitio 2 es el que se consideró con un suelo de mayor aptitud para *S. balansae*. Por el contrario, en el sitio 4 el desarrollo de la forestación fue sensiblemente menor, registrándose valores significativamente menores ( $P < 0,05$ ) de DAP ( $8,8 \pm 0,19$  cm) y altura de fuste ( $5,1 \pm 0,10$  m).

**Tabla 2.** Datos dasométricos de los árboles de quebracho colorado chaqueño (edad: 10 - 12 años).

Sitio	DAP (cm)	Altura de fuste (m)
1. Puerto Tirol	$9,9 \pm 0,19C$	$6,4 \pm 0,10B$
2. Puerto Tirol	$11,9 \pm 0,19A$	$6,9 \pm 0,10A$
3. Puerto Tirol	$10,4 \pm 0,19B$	$6,3 \pm 0,10B$
4. La Escondida	$8,8 \pm 0,19D$	$5,1 \pm 0,10C$

Letras distintas significan diferencias significativas con  $P < 0,05$  (DAP.: Diámetro a 1,3 m).

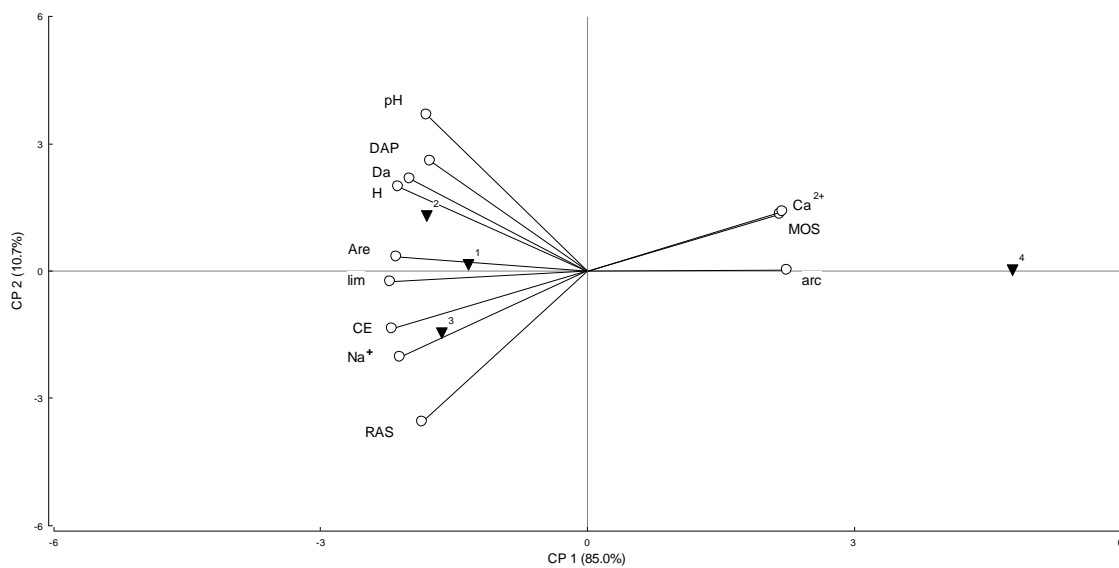
Tabla 1. Datos de suelo en interacción sitio x profundidad (promedio de 12 repeticiones).

Sitio *	Arena	Limo	Arcilla	Da	Pmc	pH	MOS	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	CE	RAS
Prof. (cm)	%	%	%	kg dm-3	(% vol)	(H <sub>2</sub> O)	%	½cmole kg-1	cmole kg-1	cmole kg-1	dS m-1	
<b>Sitio 1</b>												
0-10	28,0±0,83 a	39±1,2 bc	33±1,3 i	1,20±0,01 de	50,7±0,64 ns	7,2±0,15 ns	4,2±0,18 b	6,7±0,70 ns	0,63±0,07 bcde	1,8±0,74 gh	1,6±0,17 b	5±1,7 efg
10-25	22,1±0,83 cd	41±1,2 ab	37±1,3 h	1,31±0,01 bc	47,2±0,64 ns	7,8±0,15 ns	2,4±0,18 cd	7,6±0,70 ns	0,42±0,07 ef	3,0±0,74 defgh	1,0±0,17 c	8±1,7 def
25-55	21,2±0,83 de	39±1,2 bcd	40±1,3 gh	1,35±0,01 a	44,3±0,64 ns	8,0±0,15 ns	1,3±0,18 fg	9,3±0,70 ns	0,41±0,07 f	5,1±0,74 cd	0,7±0,17 cd	11±1,7 cd
55-115	19,0±0,83 ef	38±1,2 bcde	43±1,3 fg	1,34±0,01 ab	46,9±0,64 ns	8,9±0,15 ns	1,0±0,18 ghi	9,5±0,70 ns	0,53±0,07 cdef	7,3±0,74 b	0,6±0,17cde	16±1,7 bc
<b>Sitio 2</b>												
0-10	24,8±0,83 b	44±1,2 a	31±1,3 i	1,19±0,01 e	51,2±0,64 ns	7,5±0,15 ns	4,0±0,18 b	6,9±0,70 ns	0,75±0,07 b	1,6±0,74 gh	1,6±0,17 b	4±1,7 fg
10-25	19,1±0,83 ef	39±1,2 bc	42±1,3 g	1,31±0,01 bc	46,7±0,64 ns	8,1±0,15 ns	2,5±0,18 cd	9,7±0,70 ns	0,77±0,07 b	2,7±0,74 efg	0,9±0,17 cd	10±1,7 de
25-55	17,4±0,83 fg	37±1,2 cde	46±1,3 ef	1,32±0,01 abc	46,7±0,64 ns	8,7±0,15 ns	1,3±0,18 fg	12,8±0,70 ns	0,63±0,07 bcde	4,3±0,74 cdef	0,7±0,17 cd	13±1,7 cd
55-115	17,7±0,83 fg	36±1,2 cdef	47±1,3 ef	1,33±0,01 abc	46,7±0,64 ns	9,3±0,15 ns	1,0±0,18 ghi	12,1±0,70 ns	0,63±0,07 bcde	5,6±0,74 bc	0,6±0,17cde	16±1,7 bc
<b>Sitio 3</b>												
0-10	24,1±0,83 bc	44±1,2 a	32±1,3 i	1,16±0,01 f	52,6±0,64 ns	6,7±0,15 ns	3,7±0,18 b	5,9±0,70 ns	0,83±0,07 b	1,9±0,74 gh	1,9±0,17 b	8±1,7 def
10-25	18,6±0,83 fg	36±1,2 def	46±1,3 ef	1,30±0,01 c	47,8±0,64 ns	7,6±0,15 ns	1,6±0,18 ef	8,4±0,70 ns	0,67±0,07 bc	2,4±0,74 fgh	0,9±0,17 cd	9±1,7 de
25-55	16,1±0,83 g	32±1,2 f	52±1,3 d	1,34±0,01 ab	45,9±0,64 ns	8,6±0,15 ns	1,1±0,18 fgh	11,2±0,70 ns	0,79±0,07 b	3,8±0,74 cdefg	0,6±0,17 cde	20±1,7 ab
55-115	16,3±0,83 g	34±1,2 ef	50±1,3 de	1,34±0,01 abc	47,4±0,64 ns	8,7±0,15 ns	0,6±0,18 hi	10,00±0,70 ns	0,82±0,07 b	4,3±0,74 cdef	0,4±0,17 de	21±1,7 a
<b>Sitio 4</b>												
0-10	12,9±0,83 h	23±1,2 g	64±1,3 c	1,11±0,01 g	51,5±0,64 ns	6,3±0,15 ns	5,1±0,18 a	10,4±0,70 ns	1,08±0,07 a	1,0±0,74 h	0,3±0,17 de	1±1,7 g
10-25	5,5±0,83 i	18±1,2 h	77±1,3 a	1,23±0,01 d	48,4±0,64 ns	6,8±0,15 ns	3,0±0,18 c	12,0±0,70 ns	0,63±0,07 bcd	1,6±0,74 gh	0,2±0,17 e	1±1,7 g
25-55	12,6±0,83 h	8,3±1,2 i	79±1,3 a	1,21±0,01 de	48,7±0,64 ns	7,7±0,15 ns	2,0±0,18 de	13,1±0,70 ns	0,51±0,07 cdef	5,0±0,74 cde	0,6±0,17 cde	3±1,7 fg
55-115	24,4±0,83 bc	6,7±1,2 i	69±1,3 b	1,19±0,01 e	50,4±0,64 ns	7,9±0,15 ns	0,5±0,18 i	16,0±0,70 ns	0,44±0,07 def	18,4±0,74 a	2,6±0,17 a	5±1,7 efg

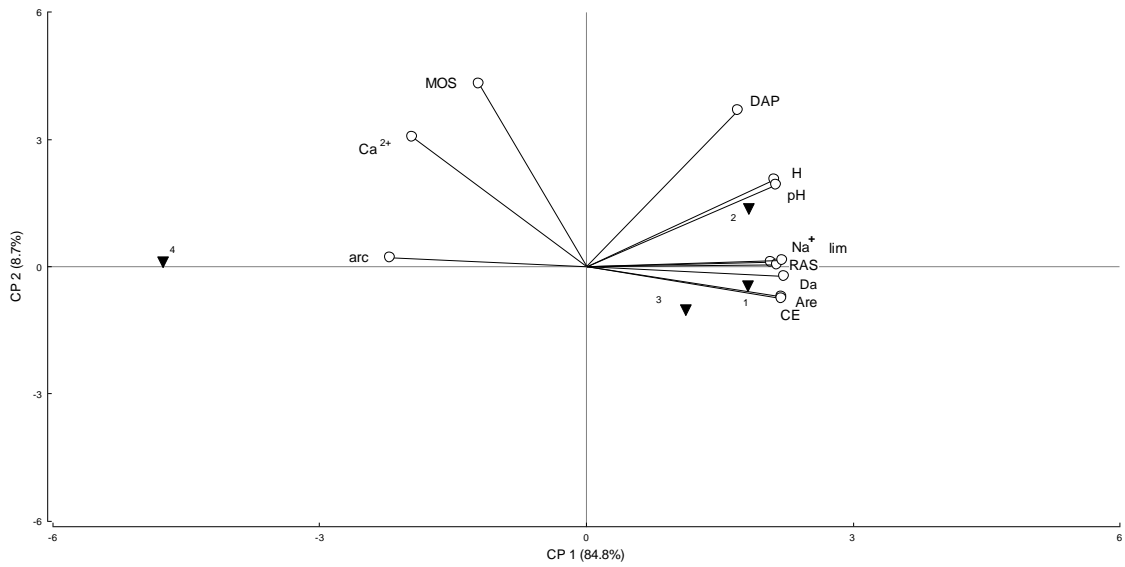
La Tabla 3 de los componentes principales, muestra los datos del eje I referidos a cada profundidad (0 a -10, -10 a -25, -25 a -55 y -55 a -115), y en las Figuras 1 a 4 se representan los gráficos biplot originados por los ejes 1 y 2 de cada una de las profundidades, para las distribuciones de variables y sitios.

**Tabla 3.** Componentes principales (Eje I) para cada profundidad (cm).

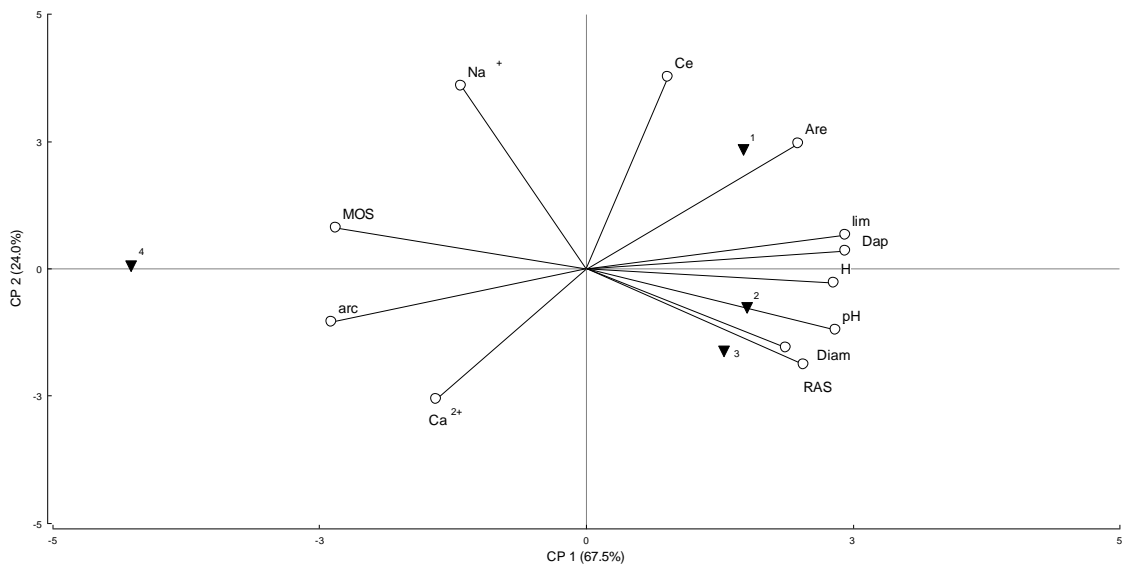
<b>Variables / Profundidad (cm)</b>	<b>0-10</b>	<b>10-25</b>	<b>25-55</b>	<b>55-115</b>
DAP (diámetro altura de pecho)	-0,25	0,24	0,27	0,25
H (altura de fuste)	-0,30	0,30	0,33	0,30
Arena	-0,30	0,31	0,28	-0,29
Limo	-0,31	0,31	0,35	0,31
Arcilla	0,31	-0,31	-0,34	-0,30
Da (Densidad aparente del suelo)	-0,28	0,31	0,35	0,31
pH	-0,25	0,30	0,33	0,28
MOS (materia orgánica del suelo)	0,30	-0,17	-0,33	0,25
Ca <sup>2+</sup>	0,31	-0,27	-0,20	-0,28
Na <sup>+</sup>	-0,29	0,29	-0,17	-0,30
CE (conductividad eléctrica)	-0,31	0,31	0,11	-0,31
RAS (relación de adsorción de sodio)	-0,26	0,30	0,29	0,28



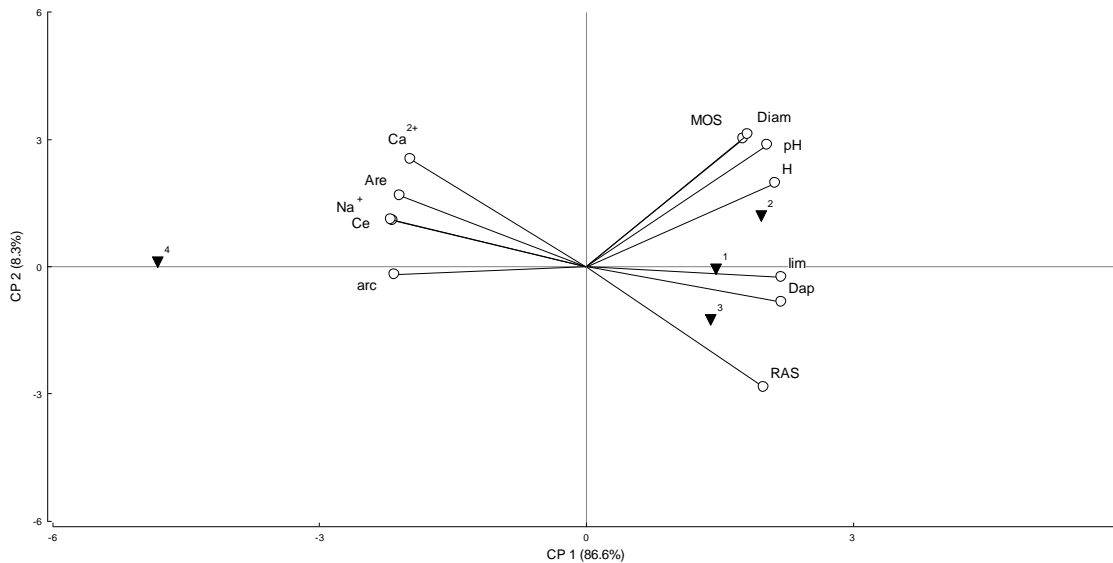
**Figura 1.** Resultados del análisis de Componentes Principales; se indican los sitios y las variables estudiadas para la profundidad 0 a -10 cm.



**Figura 2.** Resultados del análisis de Componentes Principales; se indican los sitios y las variables estudiadas para la profundidad -10 cm a -25 cm.



**Figura 3.** Resultados del análisis de Componentes Principales; se indican los sitios y las variables estudiadas para la profundidad de -25 cm a -55 cm.



**Figura 4.** Resultados del análisis de Componentes Principales; se indican los sitios y las variables estudiadas para la profundidad -55 cm a -115 cm.

Densidad aparente (Da). Esta variable presentó interacción entre sitio x profundidad. Los valores más altos ( $1,35 \pm 0,01 \text{ kg dm}^{-3}$ ) se encuentran a partir de los -25 cm de profundidad en los sitios 1, 2 y 3, variando significativamente con la profundidad. Se observa que el suelo 4, más arcilloso, tiene una Da significativamente más baja, encontrándose la mayor Da entre -10 cm a -25 cm ( $1,23 \pm 0,01 \text{ kg dm}^{-3}$ ).

Porosidad capilar (Pmc). Consecuentemente con lo anterior, el horizonte superficial es significativamente más poroso ( $P < 0,05$ ) con valores superiores al 50 %, siendo el de menor porosidad el horizonte de -25 cm a -5 cm, no detectándose interacciones entre sitio x profundidad.

pH (agua). En general en cada sitio se registran los valores significativamente más altos en profundidad, en especial en el horizonte situado entre -55 cm y -115 cm, pero no se detectaron interacciones entre sitio x profundidad.

Materia orgánica del suelo (MOS). Su porcentaje decrece significativamente con la profundidad, bajando a los -55 cm a valores de 1,0 % y menores. El sitio 4 es el que tiene los mayores porcentajes significativos de MOS en los tres primeros horizontes ( $5,1 \pm 0,18 \%$ ;  $3,0 \pm 0,18 \%$ ;  $1,9 \pm 0,18 \%$ ) atendiendo a su característica móllica; por el contrario, el sitio 3 fue el que presentó los más bajos contenidos significativos de MOS en el perfil edáfico ( $3,7 \pm 0,18 \%$ ;  $1,6 \pm 0,18 \%$ ;  $1,1 \pm 0,18 \%$  y  $0,6 \pm 0,18 \%$ ). Los sitios 1 y 2 tuvieron un contenido intermedio y similar entre sí. Se obtuvieron diferencias significativas para la interacción sitio x profundidad.

Calcio de cambio ( $\text{Ca}^{2+}$ ). La concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  se va incrementando hasta llegar a los -25 cm a -55 cm de profundidad, manteniendo valores similares a partir de esa profundidad. No se detectó interacción de sitio x profundidad.

Potasio de cambio ( $\text{K}^+$ ). El sitio 4 es el que presenta los valores significativamente más altos de  $\text{K}^+$  de cambio en superficie ( $1,08 \pm 0,07 \text{ cmol}_c^+ \text{ kg}^{-1}$ ), descendiendo en profundidad hasta  $0,44 \pm 0,07 \text{ cmol}_c^+ \text{ kg}^{-1}$ . En el sitio 2 presenta un comportamiento similar, aunque con concentraciones de potasio más bajas. Los sitios 1 y 3 presentan una escasa variación del  $\text{K}^+$  en el perfil, mostrando a la profundidad de 0-10 cm ( $0,63 \pm 0,07 \text{ cmol K}^+ \text{ kg}^{-1}$  y  $0,83 \pm 0,07 \text{ cmol K}^+ \text{ kg}^{-1}$  respectivamente). Los contenidos de  $\text{K}^+$  en el perfil edáfico mostraron interacción de sitio x profundidad.

Sodio de cambio ( $\text{Na}^+$ ). En los horizontes superficiales de todos los sitios estudiados se hallaron valores cercanos a  $1,8 \pm 0,74 \text{ cmol}_c \text{ Na}^+ \text{ kg}^{-1}$ , sin detectarse diferencias significativas entre ellos.

En el sitio 4 la concentración de  $\text{Na}^+$  se incrementó hasta  $18,4 \pm 0,74 \text{ cmol}_c \text{ Na}^+ \text{ kg}^{-1}$  en el horizonte -55 cm a -115 cm. Se presenta interacción de sitio x profundidad.

Conductividad eléctrica (CE). En superficie los mayores valores se registraron en los sitios 1, 2 y el 3, significativamente más bajo en el sitio 4. En profundidad el valor más alto de CE se halló en el sitio 4 a la profundidad de -55 cm a -115 cm ( $2,6 \pm 0,17 \text{ dS m}^{-1}$ ). Esta variable presentó diferencias significativas entre en las interacciones sitio x profundidad.

Relación de adsorción de sodio (RAS). El valor significativamente más alto de la RAS se detectó en el sitio 3 ( $21 \pm 1,7$ ), seguido de los sitios 1 y 2 ( $16 \pm 1,7$ ), todos ellos a la profundidad de -55 cm a -115 cm. Estos valores fueron diferentemente significativos en la interacción sitio x profundidad.

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados aquí expuestos indican que a la profundidad de 0 cm a -10 cm existe, en los sitios 1 y 2, una asociación directa entre la altura de fuste con el pH y la densidad aparente. El sitio 3 se relaciona con la concentración de  $\text{Na}^+$ , y el sitio 4 está fuertemente asociado a los porcentajes de arcilla, concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  y materia orgánica del suelo. Se encuentra una asociación entre los datos dasométricos considerados y la variación de la concentración salina superficial, de acuerdo a lo reportado por Carnevale *et al.* (2004).

El análisis de los componentes principales (Figura 1) muestra que el horizonte superficial (0 cm a -10 cm) queda definido por la CE y limo (donde se agrupan los sitios 1, 2 y 3) y de manera opuesta por los contenidos de  $\text{Ca}^{2+}$  de cambio y arcilla (donde queda ubicado el sitio 4). Un exceso de arcilla, aunque quede relacionado con el tenor de MOS, es negativo para el crecimiento de la especie (sitio 4) de acuerdo con Patiño *et al.* (1994).

El estrato de -10 cm a -25 cm queda definido principalmente por la Da, CE, arena y limo, agrupando los sitios 1, 2 y 3; mientras que de manera opuesta por el porcentaje de arcilla (Figura 2). También un exceso de arcilla perjudica el crecimiento de la especie (sitio 2), asociado con un alto pH y  $\text{Na}^+$  de cambio, resaltando la importancia de las condiciones de halomorfismo, de acuerdo con lo reportado por (Heredia *et al.*, 2006). La densidad aparente media en superficie para el sitio 2 es de  $1,2 \text{ kg dm}^{-3}$  (siendo la porosidad en torno al 50 %), valores que permiten la germinación-emergencia de las plántulas de quebracho. En el sitio 4 las variables que más intervienen en la CP1 son el porcentaje de arcilla y el  $\text{Ca}^{2+}$  determinantes a esta profundidad. Por tanto, a la profundidad de -10 cm a -25 cm las propiedades físicas del suelo siguen manifestando su influencia, aun cuando se produce un abrupto cambio de textura (Tabla 1).

En el estrato -25 cm a -55 cm las variables de mayor peso son la Da y contenido en limo las cuales agrupan a los sitios 1, 2 y 3, seguida en forma negativa por el porcentaje de arcilla (Figura 3). Siguen siendo las propiedades físicas las que marcan la calidad del sitio, conjuntamente con un alto pH y RAS. En esta profundidad se pueden separar el sitio 1 del 2 y 3 al analizar el CP2 (que explica el 24 % de la variabilidad), el cual queda definido por el  $\text{Na}^+$  y la CE. El sitio 1 por su mayor densidad aparente ( $1,35 \pm 0,01 \text{ kg dm}^{-3}$ ) y en el sitio 4 la altura del fuste y el diámetro altura de pecho se asocian negativamente con los contenidos de arcilla y a la materia orgánica edáfica.

Y en la profundidad de -55 cm a -115 cm se observa que se asocian la altura de fuste y el diámetro altura de pecho, al pH y a la densidad aparente en los sitios 1 y 2; y a la densidad aparente y a la relación de adsorción de sodio, en el sitio 3. Mientras que en el sitio 4 dicha asociación se manifiesta con los porcentajes de arcillas y las concentraciones de cationes de cambio ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$ ) y, consecuentemente a la conductividad eléctrica (Figura 4).

## 5. CONCLUSIONES

Las propiedades edáficas condicionantes para la implantación de forestaciones con quebracho colorado chaqueño en la Ecorregión del Parque Chaqueño Húmedo son, en los horizontes superficiales el  $\text{Ca}^{2+}$  de cambio, la salinidad y la conductividad eléctrica, que afectarían a la instalación y crecimiento del quebracho colorado chaqueño. En profundidad se relaciona a un aumento en el porcentaje de arcilla principalmente, seguidos por el  $\text{Na}^+$  y  $\text{Ca}^{2+}$  de cambio, que condicionarían su desarrollo. Por tanto, queda comprobada la hipótesis inicial que en los horizontes superficiales las propiedades edáficas se asocian principalmente con las propiedades químicas del suelo, en cambio, las propiedades físicas tienen preponderancia a mayor profundidad del perfil del suelo.

### Agradecimientos:

Especial reconocimiento a la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (SGCyT-UNNE) por financiar los diferentes proyectos que hicieron posible la obtención de la información para la concreción del presente trabajo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barberis, I. M.; J. P. Lewis y W. B. Batista. 2005. Heterogeneidad estructural de los bosques de la Cuña Boscosa de Santa Fe en distintas escalas espaciales. En *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas: Un homenaje a Rolando León*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. p. 43-58.
- Barberis, I. M.; V. Moggi; L. Oakley; C. Alzugaray; L. Vesprini y D. E. Prado. 2012. Biología de especies australes: *Schinopsis balansae* Engler (Anacardiaceae). *Kurtziana*. 37(2):59-86.
- Barrett, W.H. 1997. *Antecedentes y situación actual del cultivo del quebracho colorado en el Chaco Argentino*. Buenos Aires, Argentina. Unión de Tanineras (UNITAN). 16 p.
- Bruniard, E. D. 2000. Los regímenes climáticos y la vegetación natural. Aportes para un modelo fitoclimático mundial. Buenos Aires, Argentina. *Academia Nacional de Geografía. Publicación Especial N° 16*. 79 p.
- Carnevale, N. J.; C. Alzugaray y D. López. 2004. Efecto de la salinidad sobre el establecimiento de plántulas de dos especies arbóreas dominantes en un quebrachal de *Schinopsis balansae* Engl. (Argentina). *Revista de Investigaciones, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario* VI: 1-6. (Comunicación Breve).
- Di Rienzo, L. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C. W. Robledo. 2012. *Infostat versión 2011*. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- EEA, INTA Presidencia Roque Sáenz Peña. 2012. *Datos disponibles de las casillas meteorológicas*. INTA, Regional Chaco-Formosa, Argentina. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/datos-obtenidos-de-las-casillas-meteorologicas>.
- Heredia, O. S.; L. Giuffré; F. J. Gorleri; y M. E. Conti. 2006. Calidad de los suelos del norte de Santa Fe. Efecto de la geomorfología y el uso de la tierra. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 24 (2):109-114.
- Lebedeff, N. 1933. Contribución al conocimiento de los bosques en la República Argentina. Algunas observaciones sobre los bosques Chaqueños. Buenos Aires, Argentina. En: *Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección de Tierras*. 43p. (Publicación N° 3).
- Ledesma, L. L. y J. J. Zurita. 1995. *Los Suelos de la Provincia del Chaco*. Convenio INTA y Ministerio de La Producción. Provincia del Chaco, República Argentina. 164 p.
- Marino, G. D. y J. F. Pensiero. 2003. Heterogeneidad florística y estructural de los bosques de *Schinopsis balansae* (Anacardiaceae) en el sur del Chaco Húmedo. *Darwiniana*. 41(1-4):17-28.

- Montenegro González, H.; D. Malagón Castro y I. Guerrero. 1990. *Propiedades físicas de los suelos*. Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 813 p.
- Morello, J.; W. Pengue y A. Rodríguez. 2007. Un siglo de cambios de diseño del paisaje: El chaco argentino. En: Matteucci S.D. ed. *Panorama de la ecología de paisajes en Argentina y países sudamericanos*. Buenos Aires, Argentina. Ediciones INTA. 490 p.
- Morello, J. 2012. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Ecorregión Chaco Húmedo*. En: Morello J.; Matteucci S. y Rodríguez A. eds. Buenos Aires, Argentina. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente, UBA. Primera edición. Orientación Gráfica Editora. 752 p.
- Patiño, C. A.; H. J. R. Reboratti y P. Delvalle. 1994. Rendimiento maderable de plantaciones de Quebracho Colorado Chaqueño (*Schinopsis balansae*) en suelos arcillosos del Chaco Oriental. *RIA, INTA* 25(2):115-127.
- Popolizio, E.; P. Y. Serra y G. O. Hortt. 1978. Bajos submeridionales. Grandes unidades taxonómicas de Santa Fe. Chaco, Argentina. *Centro de Geociencias Aplicadas, Serie C, Investigación*. Resistencia 205 p.
- Prause, J. y M. J. Marinich. 2000. Evaluación de la actividad radical en *Schinopsis balansae* Engler empleando 32P. *Agricultura Técnica*.(60-4):423-429. Chile.
- Sparks, D. I. (Editor in Chief). 1996. *Methods of Soil Analysis*. Part 3. *Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Inc. Madison, W. USA.
- Strahler, A. N. y A. H. Strahler. 1997. *Geografía Física*. Tercera edición. Omega. Barcelona, España. 550 p.
- Valentini, A. 1960. La reforestación con quebracho colorado y algunas normas silvícolas relacionadas con su aprovechamiento racional. *Bonplandia*1:51-69.



TRABAJO CIENTÍFICO

# Alternativas para el control de *Acromyrmex striatus* Roger en una plantación de *Prosopis alba* (Griseb) en el departamento Capital de Santiago del Estero, Argentina

*Alternatives for control of Acromyrmex striatus Roger in a Prosopis alba (Griseb) plantation in Capital department of Santiago del Estero, Argentina*

Fuster, A<sup>1</sup>; C. Coronel<sup>1</sup>; M. Navarro<sup>1</sup> y L. Diodato<sup>1</sup>

Recibido en febrero de 2020; aceptado en abril de 2021

## RESUMEN

En las últimas décadas, en la provincia de Santiago del Estero, Argentina, se están impulsando las forestaciones con *Prosopis alba* Griseb. Para lograr el buen desarrollo de las mismas, es clave indagar sobre la presencia de insectos perjudiciales. Al respecto, muy poco se conoce sobre el impacto de las hormigas cortadoras de hojas y métodos de control en plantaciones de *P. alba*. Por tales razones, en el presente trabajo se propone: 1) identificar la especie de hormigas cortadoras de hojas más frecuente en una plantación de *P. alba*; 2) caracterizar los nidos; 3) aplicar hongos entomopatógenos y antagonistas para el control y 4) evaluar insecticidas químicos. Para ello se realizaron 4 muestreos con trampas de caída, en nidos de hormigas cortadoras de hojas seleccionados según su distribución y por su apariencia superficial, en una plantación de *P. alba* en el departamento Capital de Santiago del Estero. Se capturaron 18.650 hormigas, las cuales fueron identificadas como *Acromyrmex striatus* Roger. Los nidos se caracterizaron por presentar un área circular libre de vegetación de aproximadamente de 2,80 m<sup>2</sup>, destacándose la ausencia de un domo de tierra. Entre las alternativas de control utilizadas, el insecticida químico tuvo una efectividad del 100 %. Mientras que el comportamiento de *A. striatus*, de elevar la temperatura en el interior del nido evitó el desarrollo de los entomopatógenos empleados, por lo que estos no serían adecuados para esta especie de hormiga. Por ello, para llegar a una conclusión sobre la efectividad de los hongos utilizados, se debe continuar realizando trabajos de investigación dirigidos hacia las relaciones ecológicas entre hormigas y entomopatógenos.

**Palabras clave:** Hormigas cortadoras de hojas, caracterización de nidos, hongos entomopatógenos, hongos antagonistas, sulfluramida.

## ABSTRACT

Afforestation using *Prosopis alba* Griseb has been promoted in the province of Santiago del Estero, Argentina, since the last decades. The presence of harmful insects should be investigated for them to achieve their proper development. In this regard, very little it is known about the impact that leaf cutter ants and control methods have upon *P. alba* plantations. Thus, the present work aims to: 1) identify the most frequent species of leaf cutter ants in a *P. alba* plantation; 2) characterize their nests; 3) apply entomopathogenic fungi and antagonists for control and 4) evaluate chemical insecticides. To do so, 4 samples of leaf cutter ants were collected with pitfall traps from nests selected according to their distribution and their surface appearance in a plantation of *P. alba* in the Capital department of Santiago del Estero. 18,650 ants were captured and identified as belonging to the *Acromyrmex striatus* Roger species. The nests characterized by presenting a circular area of approximately 2.80 m<sup>2</sup> in diameter, free of vegetation, highlighting the absence of a land dome. Among the various control alternatives tested, the chemical insecticide was 100 % effective. As to the behavior of *A. striatus*, raising the temperature inside the nest prevented the entomopathogens used from developing, so they would not be suitable for this ant species. Thus, to draw a conclusion on the effectiveness of the fungi used, further research on the ecological relationships between ants and entomopathogens should be carried out

**Key words:** *Acromyrmex striatus*, characterization of nests, entomopathogenic fungi, antagonistic fungi, sulfluramid

<sup>1</sup> Instituto de Protección Vegetal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: fusterandrea9@gmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en la provincia de Santiago del Estero, se están impulsando las forestaciones con *Prosopis alba* Griseb. (Fabaceae, Mimosoideae); árbol que ocupa una posición dominante en la vegetación leñosa nativa de zonas áridas y semiáridas de América por sus características ecofisiológicas (Fagg y Stewart, 1994; Villagra, 2000). Además, posee una madera muy valorada por sus propiedades físico-mecánicas (Martínez *et al.*, 2017) y sus frutos son utilizados como alimento humano y como forraje para animales (Fagg y Stewart, 1994; Ewens y Felker, 2010; Sciammaro *et al.*, 2015).

Actualmente se está avanzando en investigaciones para lograr un manejo sustentable de las plantaciones de *P. alba*. En la bibliografía se destacan estudios sobre crecimiento; densidad de plantación; tratamientos de poda, técnicas de raleo, productividad y costos (Juárez de Galíndez *et al.*, 2005; 2008; Coronel de Renolfi *et al.*, 2014; Kees *et al.*, 2018, entre otros). Asimismo, conocer sobre el estado sanitario y en particular sobre la presencia de insectos perjudiciales es clave para el buen desarrollo de las plantaciones. Sobre este tema en la literatura se citan estudios referidos a insectos que ocasionan daños a *P. alba* en su hábitat natural (Fiorentino y Diodato de Medina, 1991; Fiorentino *et al.*, 1995) y en etapa de vivero (Diodato y Carabajal de Belluomini, 2006; Carabajal de Belluomini y Fiorentino, 2006; Carabajal de Belluomini, 2009) donde la presencia de insectos fitófagos produce mayores daños.

En la mayoría de las plantaciones forestales de América se describen graves daños producidos por hormigas cortadoras de hojas (HCH) (Braga *et al.*, 2010; Zanetti *et al.*, 2014; Zanuncio *et al.*, 2016; Lemes *et al.*, 2016). Sin embargo, existen escasos antecedentes sobre las especies, ecología, comportamiento, impacto y métodos de control de las HCH en plantaciones de *P. alba* de la provincia de Santiago del Estero.

El control de las HCH puede realizarse aplicando distintos métodos mecánicos, físicos, biológicos, culturales y químicos (Boaretto y Forti, 1997). Este último es el más utilizado a pesar de sus desventajas ambientales y económicas que lo convierten en un método poco viable para el control de estos insectos (Córdoba, 2010), por lo que es imprescindible la búsqueda de otras alternativas (Montoya-Lerma *et al.*, 2012).

Una alternativa biológica para el control de HCH es la utilización de hongos entomopatógenos. Estos son organismos que tienen un importante valor ecológico, por ser reguladores de poblaciones de insectos, formando parte de una opción viable para la elaboración de bioplaguicidas (Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011). Entre las principales especies habitualmente utilizadas como agentes de control biológico se encuentra *Beauveria bassiana* (Cañedo y Ames, 2004). En la bibliografía se citan varios estudios sobre el control de HCH con esta especie arrojando resultados promisorios (Escobar *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2007; Castro y Martínez, 2008).

Otra alternativa para el control biológico de HCH es el uso de cepas de hongos antagonistas (Ortiz y Orduz, 2001). Este método consiste en inducir la colonización y destrucción de los jardines del hongo simbionte, del cual se alimentan las hormigas, a través de la aplicación de una cepa antagonista (López y Orduz, 2003). Tal es el caso de *Aspergillus sp.*, y *Penicillium sp.*, que son hongos de amplia distribución en la naturaleza y que han demostrado resultados aceptables (Serratos-Tejeda *et al.*, 2017).

Desde una perspectiva más artesanal, los productores agroecológicos de Centroamérica utilizan el “moho verde” de la naranja para controlar a las HCH. Se trata de un conjunto de cepas, conocido como “moho verde”, que está formado principalmente por *Penicillium spp.* (Ochoa *et al.*, 2007) que actuaría como antagonista del hongo cultivado por las HCH (Serratos-Tejeda *et al.*, 2017).

Su forma de aplicación es variable y centrada en su traslado al interior del nido por parte de las hormigas (dispersión del moho sobre los caminos y entradas al nido, aspersión de soluciones

acuosas, cebos tóxicos como por ejemplo los granos de arroz que son ampliamente utilizados, entre otros) (Dávila-Pino, 2018).

Por los antecedentes planteados, en el presente trabajo se propone: 1) identificar la especie de hormigas cortadoras de hojas más frecuente en una plantación de *P. alba*, del departamento Capital de Santiago del Estero; 2) caracterizar los nidos; 3) aplicar hongos entomopatógenos y antagonistas para el control y 4) evaluar insecticidas químicos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una plantación experimental de *Prosopis alba* ubicada en la localidad de San Martín, departamento Capital, Santiago del Estero (27° 56' 46.9" S 64° 13' 17.4" N). La plantación fue establecida en el año 2008, en una superficie de 6 ha y nunca se realizó ningún tipo de manejo para el control de HCH.

En primera instancia se recorrió la plantación en su totalidad registrando nidos activos de HCH. Luego se seleccionaron al azar 18 nidos de apariencia semejante, considerando tamaño, número de orificios de entrada, forma del montículo de tierra y con actividad de forrajeo.

En cada nido seleccionado se realizó una descripción de la superficie del mismo detallando el tamaño, para lo cual se midieron el eje más largo y el más ancho para luego obtener la superficie de los mismos. Se contó la cantidad de orificios de entrada y se observó la presencia/ausencia de vegetación sobre el área del nido.

La intensidad de la actividad de forrajeo de los nidos seleccionados se determinó mediante un muestreo (Muestreo 0). Para ello, se utilizaron 5 trampas de caída ubicadas alrededor del nido a un metro de distancia del orificio de entrada principal. Las trampas fueron cebadas con cáscara de naranja para asegurar la captura de HCH (Bestelmeyer *et al.*, 2000; Anglada *et al.*, 2013) y estuvieron activas por 24 h por dos días consecutivos. La muestra corresponde a la suma de las cinco trampas y la variable a considerar es el número de individuos capturados por día. Los individuos capturados fueron identificados a nivel específico mediante la utilización de claves taxonómicas (Kusnezov, 1956; 1978; Mackay y Mackay, 2002; Fernández, 2003). Finalmente, la superficie, número de orificios de entrada de cada nido y la cantidad de individuos capturados fueron correlacionados mediante el coeficiente de Sperman, con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

Para los ensayos de control químico y biológicos con hongos entomopatógenos y antagonistas respectivamente, se agruparon los nidos seleccionados en tres grupos de seis nidos cada uno de acuerdo a su proximidad (50 m a 100 m entre nidos del mismo grupo y 300 m a 400 m entre nidos de grupos distintos), de manera de garantizar la introducción al nido del correspondiente agente de control.

El primer tratamiento consistió en la aplicación de un insecticida formulado como cebo granulado, cuyo principio activo es sulfloramida (N-etil perfluorooctano- sulfonamida) al 0,3 %. La dosis de aplicación fue de 10 g del producto por metro cuadrado de tierra removida del hormiguero.

El segundo tratamiento consistió en la aplicación de un control biológico mediante granos de arroz contaminados con una cepa comercial *B. bassiana*. Para ello, 250 g de arroz fueron impregnados con 200 ml de la solución comercial, que contiene los conidios del hongo. La dosis de aplicación de este preparado fue de 10 g de granos de arroz por metro cuadrado de tierra removida del hormiguero.

En el tercer tratamiento se aplicó un cebo artesanal formado por granos de arroz contaminados con "moho verde". Éste fue obtenido mediante la pudrición de un kilogramo de cáscaras de

naranjas, una vez que se observó la presencia del moho se mezclaron con un kilogramo de arroz, luego se separaron los granos y se aplicó con una dosis igual al de los tratamientos anteriores.

Para evaluar la eficiencia de los métodos de control aplicados se realizaron tres muestreos, con la misma metodología que se detalló anteriormente para el muestreo 0. Los muestreos se realizaron a los 10 días (Muestreo 1), a los 30 días (Muestreo 2) y a los 60 días (Muestreo 3) de las aplicaciones

Todos los datos obtenidos en los cuatro muestreos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis debido a que no se pudo verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad. Para ello se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011)

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Identificación de la especie y caracterización de los nidos

Se capturaron en total 18.650 hormigas, las cuales fueron identificadas como *Acromyrmex striatus* Roger (Myrmicinae: Attini). *A. striatus*. Es endémica de América del Sur y, en Argentina, habita en regiones áridas y semiáridas entre las provincias de Jujuy y Rio Negro (Kusnezov, 1956; Bonetto, 1959, Farji-Brener y Ruggiero, 1994, Delabie *et al.*, 2011, Simões-Gomes *et al.*, 2016), por lo que se infiere que es natural su presencia en el sitio de estudio.

Los 18 nidos seleccionados se caracterizaron por presentar un área circular libre de vegetación de aproximadamente de 2,80 m<sup>2</sup> donde se encuentran 1 a 2 orificios de entrada (tabla 1). Se destaca en estos nidos la ausencia de un domo de tierra o un montículo de material vegetal seco, como es frecuente en la mayoría de HCH del género *Acromyrmex* (Farji-Brener, 2000; Farji-Brener y Sasal, 2003). Algunas especies de hormigas clarean la vegetación que crece sobre y alrededor del nido, con el fin de modificar características físicas circundantes como mayor disponibilidad de luz y de temperatura (Meyer *et al.*, 2011). Los individuos de *A. striatus* tienen preferencia por temperaturas superiores a los 25 °C. Esto explica la estructura superficial y el comportamiento de limpieza de la superficie de los nidos. Estas hormigas eliminan toda la vegetación sobre la superficie de las cámaras de cultivo de hongos con el objetivo que los rayos del sol impacten directamente sobre el nido y así la temperatura del suelo alcance valores elevados (Gonçalves, 1961; Nobua-Behrmann, 2014).

En el muestreo 0 se capturaron en promedio de 75,06 y 33,11 individuos por nido en los dos días respectivamente, observándose diferencias significativas entre los valores ( $H = 4,10$ ;  $P = 0,042$ ). No se detectaron diferencias significativas en la cantidad de hormigas capturadas entre los 18 nidos ( $H = 9,39$ ;  $P = 0,09$ ). El tamaño de los nidos y la cantidad de orificios de entrada no evidenciaron una correlación con la cantidad de individuos capturados ( $\rho = 0,20$ ;  $p = 0,25$  y  $\rho = 0,10$ ;  $p = 0,54$  respectivamente).

**Tabla 1.** Tamaño y cantidad de orificios de entrada de los nidos de *Acromyrmex striatus* estudiados, en la plantación de *Prosopis alba* en el departamento Capital de Santiago del Estero, y cantidad de producto aplicado en los distintos métodos de control.

Métodos de control	Nido	Superficie (m <sup>2</sup> )	Nº orificios de entrada	Aplicación (g)
Control Químico (Sulfloramida)	1	2,50	1	25
	2	1,96	1	19,6
	3	4,32	2	43,2
	4	1,44	1	14,4
	5	1,98	1	19,8
	6	5,25	2	52,5
Control Biológico ( <i>Beauveria bassiana</i> )	1	3,99	1	40
	2	5,7	2	57
	3	4,08	2	40,8
	4	1,82	1	18,2
	5	1,96	1	19,55
	6	1,95	1	19,5
Control Biológico artesanal (Moho verde)	1	2,08	1	20,8
	2	3,42	2	34,2
	3	1,21	1	12,1
	4	1,43	1	14,3
	5	1	1	10
	6	4,24	1	42,4

### Efectividad de los tratamientos aplicados

Según los valores observados en la tabla 2, existen diferencias significativas en la cantidad de individuos de *A. striatus* capturados en los muestreos realizados antes y después de la aplicación de los tratamientos.

La actividad de los seis nidos, donde se aplicó el control químico (Sulfloramida al 0,3 %), cesó de tal forma que en los últimos muestreos no se capturaron individuos de *A. striatus* (Tabla 2). Entre los métodos químicos de mayor efectividad se encuentra el empleado en este estudio, ya que las hormigas lo transportan fácilmente hacia el interior del hormiguero por la acción de un atrayente. El cebo utilizado contiene un ingrediente activo biodegradable en poco tiempo, conocido como Sulfloramida (Vergara, 2005), el cual resultó muy efectivo al eliminar el 100% de los nidos tratados, al poco tiempo de su aplicación. La dosis de aplicación de Sulfloramida está basada en la superficie que ocupa cada nido (Zanuncio *et al.*, 2000). En este sentido, la dosis aplicada alcanzó resultados satisfactorios por lo que puede ser recomendada su administración en este tipo de plantaciones forestales. Sin embargo, el uso de Sulfloramida se encuentra cuestionado (Nuñez-Crespo y Olmedo, 2013), como consecuencia de que no es un insecticida específico y pueden causar efectos tóxicos indeseables para especies no objetivo, además, pueden contaminar el suelo y el agua.

Los cebos a base de arroz son sumamente atractivos para las HCH (Anglada *et al.*, 2013), lo que originó conductas de aceptación hacia los dos métodos alternativos realizados. De esta forma *B. bassiana* y el “moho verde” fueron aceptados y cargados al interior de los nidos en su totalidad.

En el tratamiento con *B. bassiana* se observa que en el muestreo 1, luego de la aplicación, el número de individuos capturados aumentó con respecto al muestreo 0 y en los siguientes fue disminuyendo. Se observa que la menor cantidad de individuos se registra en el muestreo 0 y la mayor en el muestreo 1. Todos los valores obtenidos presentan diferencias significativas (Tabla 2). En los nidos donde se aplicó los granos de arroz contaminados con el “moho verde”, al igual que en el anterior, la cantidad de individuos capturados fue menor en el muestreo 0 y la mayor cantidad se obtuvo en el muestreo 1, sin embargo, entre los muestreos 1, 2 y 3 no se evidencian diferencias (Tabla 2).

Los datos obtenidos arrojan resultados no definitivos, lo que podría atribuirse a factores bióticos (susceptibilidad del hospedero, relación con los hospederos, presencia de medios de propagación, dispersión y persistencia de los hongos) y abióticos (rayos ultravioleta, temperatura y humedad relativa) que juegan un rol clave para que se produzca con éxito la manifestación epizootica de los hongos utilizados (Hajek, 1997). Por ejemplo, varios autores demostraron que los rangos de temperatura para el crecimiento óptimo *B. bassiana* son de 15 a 25 °C (Doberski, 1981; Hallsworth y Magan, 1999). Por lo que probablemente *B. bassiana* no pudo desarrollarse en el interior de los nidos, por el comportamiento de *A. striatus* que eleva la temperatura dentro de los mismos, como se explicó anteriormente (ubicación, estructura exterior y limpieza de la superficie de los nidos), los que serían mecanismos de defensa efectivos contra entomopatógenos.

Por otro lado, algunos autores refieren a que la forma de aplicación de los hongos entomopatógenos es decisiva para lograr el control efectivo de HCH. Por ejemplo, Castro y Martínez (2008) observaron mayor probabilidad de éxito diluyendo los hongos con agua y aplicándolos directamente dentro de los nidos y en los caminos. Escobar y colaboradores (2002), probaron que la aplicación de cepas comerciales de *B. bassiana*, en forma de cebos preparados con avena y jugo de naranja, no afecta la actividad de forrajeo de las HCH. Estos autores atribuyen este resultado a la composición de los cebos fabricados para la comercialización de los productos biológicos, sumado a las condiciones ambientales del sitio, por lo que recomiendan identificar cepas nativas que garanticen una mayor eficacia.

La utilización del “moho verde” es una práctica artesanal y no se registran estudios científicos que corroboren o no su efectividad. Así también, existen pocos estudios referidos a la acción antagónica de *Penicillium*, hongo constituyente del “moho verde”, sobre las cepas del simbiote de las HCH. Serratos-Tejeda y otros (2017), son unos de los pocos autores que sugieren que este hongo es una alternativa agroecología para el control de las HCH. Sin embargo, estos autores afirman que la mayor efectividad de *Penicillium* se produce cuando se encuentra combinado con otros hongos antagonistas o con productos químicos.

En general, las HCH presentan comportamientos especializados de limpieza para eliminar agentes patógenos que puedan significar un riesgo para la colonia (Giraldo-Echeverri, 2009); junto a estrategias evolutivas que involucran a un tercer componente biológico dentro de la relación simbiótica, estas son bacterias que producen agentes antifúngicos que inhiben la germinación de los conidios del hongos (Currie, 2001; Currie *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004), que también podrían haber originado los resultados observados.

**Tabla 2.** Promedio de individuos de *A. striatus* capturados en los muestreos realizados en la plantación de *Prosopis alba*, en la localidad San Martín, departamento Capital de Santiago del Estero. (D.E. = desviación estándar; prueba de Kruskal-Wallis, letras distintas (a, b y c) significan diferencias significativas  $P < 0,05$ ).

Métodos de control	Muestreos	Medias	D.E	H	P
Control Químico (Sulfloramida)	0	32,08(b)	29,88	27,41	0,0001
	1	1,25(a)	3,14		
	2	0(a)	0		
	3	0(a)	0		
Control Biológico ( <i>Beauveria bassiana</i> )	0	74,5(a)	132,58	19,32	0,0001
	1	348,25(c)	243,84		
	2	256(bc)	138,73		
	3	154,08(ab)	91,55		
Control Biológico artesanal (Moho verde)	0	55,67(a)	51,59	16,13	0,0011
	1	260,92(b)	154,95		
	2	202,58(b)	201,78		
	3	168,83(b)	103,48		

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se exponen los primeros aportes en relación al empleo de diferentes alternativas de control para *A. striatus* asociada a *P. alba* en la localidad de San Martín, Departamento Capital, provincia de Santiago del Estero (Argentina).

Por los resultados obtenidos, se puede afirmar que para lograr con éxito el control de HCH con hongos entomopatógenos y/o antagonistas, es necesario, en primer lugar, conocer los requerimientos ecológicos de los hongos tales como la humedad relativa, temperatura, patogenicidad, virulencia y hospederos a los que infecta activamente (Meyling y Eilenberg, 2007); las relaciones ecológicas entre insecto-entomopatógeno, es decir, los diferentes mecanismos que los hongos tienen para infectar a los insectos y los mecanismos que los insectos tienen para defenderse (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

En consecuencia, se debe continuar realizando trabajos de investigación, con estos organismos u otros componentes alternativos que separados o combinados, presenten resultados similares a los logrados con productos químicos, pero con menos efectos nocivos en el ambiente y la salud. También es necesario estudiar la ecología y comportamiento de la diversidad de especies de HCH en la región y en particular las que se encuentran asociadas a plantaciones de *Prosopis alba*.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero por el financiamiento de las investigaciones realizadas para la elaboración del presente trabajo, en el marco del proyecto “Biodiversidad y funciones ecosistémicas en sistemas naturales y productivos forestales en la región del Chaco Semiárido”. PI-UNSE Código 23B/148

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anglada, M. M.; A. Saluso; O. Ermácora; A. Maidana; D. Dans y C. Decuyper. 2013. Hormigas podadoras: Estudios bioecológicos y alternativas de manejo en sistemas agrícolas y vegetación de monte en Entre Ríos. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 3 (3):1-19.
- Bestelmeyer, B. T.; D. Agosti; L. E. Alonso; C. R. F. Brandao; W. L. Brown Jr.; J. H. C. Delabie and R. Silvestre. 2000. Field techniques for study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation. pp. 122-144. *En* D. Agosti, J. D. Majer, L. E. Alonso y T. R. Schultz (eds.). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Boaretto M. A. C and L. C. Forti. 1997. Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. *Serie Técnica IPEF*. 11:31-46.
- Bonetto, A. A. 1959. *Las hormigas “cortadoras” de la Provincia de Santa Fe (Gén. Atta y Acromyrmex)*. Minist. de Agric. y Ganadería de Santa Fe. Dir. Recursos Naturales. Santa Fe. Argentina. 89 pp.
- Braga D. L.; J. N. Louzada; R. Zanetti y J. Delabie. 2010. Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo no Sul da Bahia. *Neotropical Entomology* 39(4):464-469.
- Carabajal de Belluomini, M. y D. C. Fiorentino. 2006. Caracterización fitosanitaria de viveros de *Prosopis alba* (Griseb) en Santiago del Estero. *Quebracho* 13: 93-102.
- Carabajal de Belluomini, M.; L. Castresana; V. Salim y A. Notario. 2009. The diversity of galls and their occurrence in productive forest systems of *Prosopis alba* (Griseb.) in Santiago del Estero, Argentina. *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas* 35:255-265.

- Castro, J. F. y G. Martínez. 2008. Evaluación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, como control biológico de la hormiga arriera *Atta cephalotes* con diferentes técnicas de aplicación en el Centro de Investigaciones Macagual. *Momentos de Ciencia* 5(1-2):41-45.
- Cañedo, V y T. Ames. 2004. *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú, 62 p.
- Córdoba, S. V. 2010. *Evaluación de hongos entomopatógenos como potencial biocontrolador de la hormiga arriera Atta colombica (G.) del municipio de Lloró - Chocó*. Tesis Universidad Nacional De Colombia Facultad De Agronomía Bogotá, D.C. 88 pp.
- Coronel de Renolfi M.; G. Cardona; J. G. Moglia y A. T. 2014. Productividad y costos del raleo de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero, Argentina. Una primera aproximación. *Agrociencia Uruguay* 18(2):128-136.
- Currie, C. R. 2001. A community of ants, fungi and bacteria: A multilateral approach to studying symbiosis. *Annual Review of Microbiology*. 55:357-380.
- Currie, C. R.; A. N. Bot and J. J. Boomsma. 2003. Experimental evidence of a tripartite mutualism: bacteria protect ant fungus gardens from specialized parasites. *Oikos*. 101:91-102.
- Dávila Pino, T. V. 2018. *Determinación de la actividad insecticida o repelente del extracto acuoso de los hongos de naranjas Citrus sinensis sobre hormigas Lasius niger de una finca orgánica del Chontal*. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 80 pp.
- Delabie, J. H.; H. Alves; G. Reuss-Strenzel; A. Carmo and I. Nascimento. 2011. Distribuição das formigas cortadeiras dos generos *Acromyrmex* e *Atta* no Novo Mundo, pp. 80–101. In: T. M. C. Della-Lucia (eds.), *Formigas Cortadeiras: da Bioecologia ao Manejo*. 1ra. edición. Viçosa-MG, Editora da Universidade Federal de Viçosa.
- Delgado, P. A. M. y B. Murcia-Ordoñez. 2011. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambi-Agua, Taubaté* 6(2):77-90.
- Diodato, L. y M. Carabajal de Belluomini. 2006. *Insectos que inciden en la producción de algarrobo blanco (Prosopis alba)*. II Jornadas Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. [fecha de consulta: Junio 2019]. Disponible en: [fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs/Plagas%20de%20algarrobo%20blanco.pdf](http://fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs/Plagas%20de%20algarrobo%20blanco.pdf)
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanove; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>
- Doberski, J. W. 1981. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus* to larvae and adults of *S. scolytus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 37(2):188-194.
- Escobar, R.; F. Garcia; L. Neita; D. Murillo y S. Mena. 2002. Hormigas cortadoras de la Tribu Attini en sistemas productivos del departamento del Chocó *Rev. Institucional Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó* 15:35-41.
- Ewens, M. and P. Felker. 2010. A comparison of production and insect ratings of 12 elite *Prosopis alba* clones in a 5-year Semi-arid Argentine field trial. *Forest Ecology and Management* 260(3):378-383.
- Fagg, C. W. and J. L. Stewart. 1994. The value of *Acacias* and *Prosopis* in Arid and Semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 27:3-25.
- Farji-Brener, A. and Y. Sasal. 2003. Is dump material an effective small-scale deterrent to herbivory by leaf-cutting ants? *Ecoscience* 10:151-154.
- Farji-Brener, A. G. 2000. Leaf-cutting ant nests in temperate environments: mounds, mound damages and mortality rates in *Acromyrmex lobicornis*. *Stud. Neotrop. Faun. & Environm* 35:131-138.
- Farji Brener, A.G. and A. Ruggiero. 1994 Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical range sizes. *Journal of Biogeography* 21:391-399.

- Fernández, F. (Ed.) 2003. *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, XXVI + 398 pp.
- Fiorentino, D. C. y L. Diodato de Medina. 1991. *Breve panorama de las plagas entomológicas forestales argentinas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España 16: 181-190.
- Fiorentino, D.C.; V. Bellomo; L. Diodato; A. Notario y L. Castresana, L. 1995. Coleópteros cerambícidos xilófagos del Parque Chaqueño Seco (Argentina). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas* 21:617-626.
- Giraldo Echeverri C. 2009. *Microbiota asociada a la casta obrera de la hormiga arriera Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae)*. MSc Thesis. Universidad de Antioquia, Instituto de Biología, Medellín, Colombia, pp 86.
- Gonçalves, C. R. 1961. O genero *Acromyrmex* no Brasil (Hym. Formicidae). *Studia Entomologica* 4:113-180.
- Hajek A. E. 1997. Ecology of terrestrial fungal entomopathogens. *Advances in Microbial Ecology* 15:193-249.
- Hallsworth, J. E. and N. Magan. 1999. Water and temperature relations of growth of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. *Journal of Invertebrate Pathology* 74 (3):261-266.
- Juárez de Galindez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos; M. Balzarini. 2005. Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos. *Quebracho* 12:34-42.
- Juárez de Galindez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos y M. Balzarini. 2008. Determinación de la edad de aprovechamiento de individuos de *Prosopis alba* mediante un modelo logístico de intercepto aleatorio para incrementos radiales. *Ciencia e Investigación Forestal*. 14 (2): 287-299.
- Kees, S. M.; P. Ferrere; A. M. Lupi; J. F. Michela y J. J. Skoko. 2018. Producción y crecimiento de las plantaciones de *Prosopis alba* Griseb. en la provincia Chaco. RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 44 (2).
- Kusnezov, N. 1956. Claves para la identificación de las hormigas de la fauna argentina. *IDIA* N° 100:1-56.
- Kusnezov, N. 1978. *Hormigas argentinas: clave para su identificación*. Edición preparada por R. Golbach, Fundación Miguel Lillo, Miscelánea 61. San Miguel de Tucumán. Argentina, 146 pp.
- Lemes P. G.; J. C. Zanuncio; E. Serrao and S. A. Lawson. 2016. Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy and integrated pest management in certified tropical plantations. *Environmental Science and Pollution Research* 24(2):1283-1295.
- Lopez, E. and S. Orduz. 2003. *Metarhizium anisopliae* and *Trichoderma viride* for control of nests of the fungus-growing ant, *Atta cephalotes*. *Biological Control* 27(2):194-200.
- Mackay, W. y E. Mackay. 2002. *Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae) América Central*. Department of Biological Sciences Laboratory for Environmental Biology The University of Texas.
- Martínez, R.; M. Ewens; R. Schimpf; A. Ruiz y F. Benitez. 2017. Propiedades físicas y mecánicas de la madera de corta final de *Prosopis alba* Gris. *Foresta Veracruzana* 19 (1):17-22.
- Meyer, S. T.; I. R. Leal; M. Tabarelli and R. Wirth. 2011. Ecosystem engineering by leaf-cutting ants: nests of *Atta cephalotes* drastically alter forest structure and microclimate. *Ecological Entomology* 36:14-24.
- Meyling, N. V and J. Eilenberg. 2007. Ecology of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in Temperate Agroecosystems: Potential for Conservation *Biological Control*. *Biological Control* 43:145-155.
- Montoya-Lerma, J.; C. Giraldo-Echeverri; I. Armbrrecht; A. Farji-Brener and Z. Calle. 2012. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management* 58 (3):225-247.

- Nobua Behrmann, B. E. 2014. *Interacciones tróficas entre dos especies simpátricas de hormigas cortadoras y el ensamble de plantas en el Monte central*. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Ochoa, J. L.; M. L. Hernández, B. H. Latisnere, J. L. León de la Luz, y C. C. Larralde. 2007. Aislamiento e identificación de hongos patógenos de naranja *Citrus sinensis* L. Obseck cultivada en Baja California Sur, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5(5):352-359.
- Ortiz, A and S. Orduz. 2001. In vitro evaluation in *Trichoderma* and *Gliocladium* antagonism against the symbiotic fungus of leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. *Mycopathol* 150:53-60.
- Santos, A.V.; R. J. Dillon; V. M. Dillon; S. E. Reynolds and R. I. Samuels. 2004. Occurrence of the antibiotic producing bacterium *Burkholderia* sp. in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa*. *Microbiology Letters*. 239: 319-323.
- Santos, A. V.; B. Lorenz and R. I. Samuels. 2007. Selection of entomopathogenic fungi for use in combination with sublethal doses of imidacloprid: perspectives for the control of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* Forel (Hymenoptera: Formicidae). *Mycopathologia* 163:233-240.
- Serratos Tejeda, C.; A. Aragón García; B. C. Pérez Torres y J. F. López Olguín. 2017. Alternativa agroecológica para el manejo de *Atta mexicana* en Puebla, México. *Southwestern Entomologist* 42(1):261-273.
- Sciammaro, L.; Ferrero C. y Puppo C. 2015. Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 114 (1):115-123.
- Simões Gomes F. C.; D. C. Cardoso and M. P. Cristiano. 2016. Geographical Distribution Patterns and Niche Modeling of the Iconic Leafcutter Ant *Acromyrmex striatus* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Science* 17(2);32:1-5.
- Téllez Jurado A.; M. G. Cruz Ramírez; Y. Mercado Flores; A. A. Torres y A. Arana Cuenca. 2009. Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista Mexicana de Micología* 30:73-80.
- Vergara Castrillón J. C. 2005. *Biología, manejo y control de la hormiga arriera*. Gobernación del Valle del Cauca. Cali. 9 p.
- Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina* 9(2):35-51.
- Zanetti R.; J. C. Zanoncio; J. C. Santos; W. L. P. Silva; G. T. Ribeiro and P. G. Lemes. 2014. An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. *Forest* 5:439-454.
- Zanoncio J. C.; P. Lemes; L. R. Antunes, J. L. Maia; J. E. P. Mendes; K. M. Tanganelli; J. F. Salvador and J. E. Serrão. 2016. The impact of the Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy on the management of leaf-cutting ants and termites in certified forests in Brazil. *Annals of Forest Science* 73:205-215.
- Zanoncio, J. C.; G. Mageste; J. M. M. Pereira y R. Zanetti. 2000. Utilización del cebo Mirex - S (Sulfloramida 0.3%) para el control de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymneoptera: Formicidae) en área estratificada de hormigueros. *Revista Colombiana de Entomología* 26(3-4):4.



TRABAJO CIENTÍFICO

**Relevamiento de la flora leñosa de espacios verdes de la ciudad de Esperanza (Santa Fe, Argentina).  
Algunas sugerencias de manejo**

*Surveying the woody flora of green spaces in Esperanza city (Santa Fe, Argentina). Some suggestions for its management*

**Bender, A.<sup>1,3</sup>; V. Ruiz<sup>2</sup>; M. González<sup>1</sup>; M. Perreta<sup>3</sup>; S. Spizzamiglio<sup>3</sup>  
y J. Araújo Vieira de Souza<sup>1</sup>**

Recibido en abril de 2020; aceptado en septiembre de 2021

**RESUMEN**

La ciudad de Esperanza (Provincia de Santa Fe, Argentina) posee espacios verdes tales como parques, plazas y plazoletas que constituyen áreas de esparcimiento y garantizan el desarrollo humano en equilibrio con la naturaleza. Para el conocimiento de estos espacios verdes es fundamental conocer la superficie que ocupan, las especies vegetales, el estado de conservación de las plantas y el manejo que reciben, especialmente las leñosas.

Considerando la importancia que el arbolado urbano tiene en esta ciudad se realizó un censo con el objetivo de evaluar las principales características de la flora leñosa de los espacios verdes. Se tomaron datos de las especies existentes, estado sanitario e intervenciones silviculturales. A partir de esta información se propusieron intervenciones silviculturales apropiadas. Finalmente se evaluó la disponibilidad de espacios verdes por habitante y la cantidad de habitantes por árbol.

El 74 % de los árboles correspondió a especies exóticas, el estado sanitario en general resultó bueno y el 57 % de los árboles no tuvo ningún tipo de intervención silvicultural evidente. Cada habitante dispone en promedio de 7,64 m<sup>2</sup> de espacio verde y la cantidad de habitantes por árbol fue 18,8.

Los datos obtenidos constituyen el primer censo de especies leñosas de la infraestructura verde de Esperanza. Se propone aumentar la superficie de espacios verdes y promover la plantación, especialmente con especies nativas.

**Palabras clave:** espacios verdes, parques, plazas, plazoletas, censo de leñosas, manejo de arbolado urbano.

**ABSTRACT**

Esperanza City (Santa Fe, Argentina) has green spaces such as parks, squares and small squares devoted to recreational areas and guarantee human development in balance with nature. To fully understand these green spaces, it is essential to know the area they occupy, the plant species included as well as their health condition and the management they receive, particularly the woody ones.

Due to the importance given to urban trees in this city, a census was carried out to evaluate the main features of the woody flora in these green spaces. The data collected include: existing species, their health status and silvicultural interventions. Based upon this information, suitable silvicultural interventions were proposed. Finally, the availability of green spaces per inhabitant and the number of inhabitants per tree were evaluated.

The results showed that 74 % of the trees corresponded to exotic species with a good general health status and 57 % of the trees showed no evident silvicultural intervention. There exists an average of 7.64 m<sup>2</sup> of green space per inhabitant and 18.8 inhabitants per tree.

The data obtained become the first census of woody species of the Esperanza City green infrastructure. It is proposed to increase green space areas and promote planting, especially using native species.

**Key words:** green spaces, parks, squares, little squares, woody plants census, urban tree management.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Dasonomía. Universidad Nacional del Litoral. Padre Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina. E-mail: adriangbender@gmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Fisiología Vegetal. Universidad Nacional del Litoral. Padre Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Morfología Vegetal. Universidad Nacional del Litoral. Padre Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina.

## 1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura verde está compuesta por una red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales (Comisión Europea, 2013). Actualmente existen diversas definiciones de infraestructura verde (Calaza, 2016) en las cuales se hace referencia a que debe ser planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de servicios ecosistémicos, incorporando los espacios verdes de las ciudades (Comisión Europea, 2013). Los espacios verdes (EV) figuran entre los factores de calidad de vida de los habitantes urbanos (Lopera, 2005) y pueden ser definidos como espacios abiertos en áreas urbanas, cubiertos principalmente por vegetación, los cuales permiten, por pequeños que sean, el desarrollo de vegetación arbórea o arbustiva (Aiassa y Aun, 2005) y que están disponibles para los usuarios (Atiquil Haq, 2011). Los EV de las ciudades son de vital importancia para mantener la sustentabilidad del medio ambiente urbano y garantizan un desarrollo humano en equilibrio con la naturaleza (Rivas, 2005).

El arbolado urbano de los EV interactúa de forma positiva con el medio a través de diversas formas, entre las que se destacan: absorción de CO<sub>2</sub> y la emisión de O<sub>2</sub>; reducción de la temperatura; disminución de los contaminantes atmosféricos a partir de la retención de partículas que están en suspensión en la atmósfera; emisión de compuestos orgánicos volátiles útiles para el medio ambiente; reducción de la energía utilizada para calefacción o refrigeración; retención e infiltración de las aguas pluviales; disminución de los niveles de ruido; protección contra los vientos actuando como barreras, entre otros (Comisión Europea, 2013; Calaza, 2016; Vásquez, 2016; Pedrajas, 2020). A estos beneficios se agregan aspectos subjetivos relacionados con el bienestar psicológico y anímico de los habitantes (Buduba, 2004).

En las últimas décadas el arbolado urbano ha recibido particular atención en todo el mundo, dando lugar a numerosos estudios que han permitido profundizar su conocimiento y generar información para racionalizar las decisiones sobre su manejo (Lell *et al.*, 2006). En diversas ciudades de Argentina existen antecedentes de las características más importantes que poseen las especies leñosas en los EV del medio urbano (López Castro, 2013; Roger *et al.*, 2014; Laffont *et al.*, 2016; Pagella, 2016; Ortiz y Luna, 2019). Por otra parte, los espacios verdes son motivo de estudio en ciudades de todo el mundo (Calaza, 2016; Pereira *et al.*, 2019; Amézquita y Gavilán, 2020; Pedrajas, 2020).

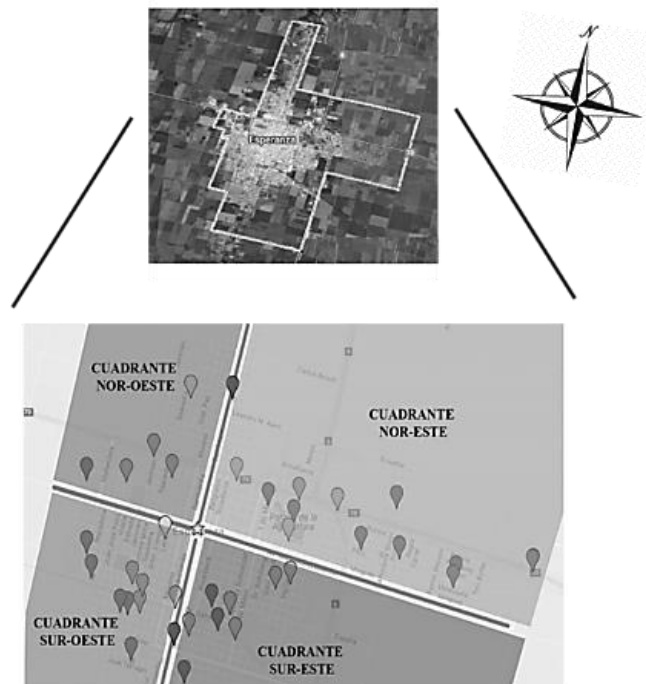
La ciudad de Esperanza posee diversos EV forestados tales como parques, plazas y plazoletas, entre las cuales se destacan la plaza San Martín y el Parque Nacional de la Agricultura. Considerando la importancia funcional, ecológica y social del arbolado urbano surge la necesidad de realizar un censo de especies leñosas en los EV de la ciudad de Esperanza. Por ello, los objetivos del presente trabajo fueron determinar la superficie de los EV de la ciudad de Esperanza y evaluar de manera cualitativa y cuantitativa los principales atributos de las especies leñosas, proponiendo alternativas de manejo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se tuvieron en cuenta en el presente trabajo las siguientes categorías de EV: parques, plazas y plazoletas, según Pagella (2016) y Amézquita y Gavilán (2020).

La modalidad de trabajo ha sido la de un censo, tomando a su vez cada individuo como unidad de análisis (Rodríguez *et al.*, 2015). Para el censo de los EV se establecieron cuatro cuadrantes tomando como referencia la plaza San Martín (centro) y las calles San Martín, Av. Colonizadores y Av. Córdoba; los cuadrantes fueron denominados: Nor-Este, Nor-Oeste, Sur-Este y Sur-Oeste (Fig. 1). Se relevaron 19 plazas, 19 plazoletas y 4 parques, constituyendo cada uno de ellos un

sitio de muestreo (Tabla 1); para cada EV se calculó su superficie utilizando la aplicación Google Maps. Todos los EV fueron fotografiados y georreferenciados.



**Figura 1.** Ubicación de las plazas, plazoletas y parques de la ciudad de Esperanza.

Los datos de cada planta leñosa fueron:

- Tipo de planta leñosa: árbol, arbusto o palmera.
- Ubicación de la planta: como arbolado de alineación (alrededor del EV) o bien en el interior del EV.
- Estado fitosanitario y físico: a cada planta se le asignó un estado considerando presencia de plagas y enfermedades, rotura de ramas, descortezado, corteza incluida, entre otras. A partir de la observación de la copa y fuste se clasificó a las plantas en estado bueno, b; estado regular, r; estado malo, m.
- Intervención silvicultural: se registró la presencia o ausencia de raíces superficiales, se contabilizaron especialmente los árboles en los que se realizó el corte de raíces superficiales. Se registró la presencia de tutores y podas (de formación de copas, extracción de ramas quebradas o secas, podas para liberar el fuste de ramas basales, entre otras).
- Se tomaron muestras de material botánico del arbolado inventariado y se contrastaron con muestras de herbario para identificar variables taxonómicas: familia, género, nombre científico (Jiménez-Águila *et al.*, 2015).
- Origen biogeográfico: nativas o exóticas.

**Tabla 1.** Categoría de cada EV y ubicación.

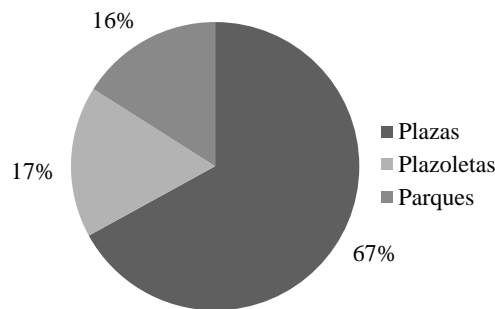
	<b>Categorías</b>	<b>Ubicación entre calles</b>	<b>Cuadrante</b>
<b>Plazas</b>			
1	Plaza San Martín	Belgrano, 25 Mayo, Sarmiento y A. Castellanos	Centro
2	Plaza Alemania	Italia, Gálvez, Maradona y López y Planes	Sur-Oeste
3	Plaza de las Naciones	Entre De las Naciones, Lavalle, Crespo y Terragni	Sur-Oeste
4	Plaza Ghuntard	Entre Mitre, Janssen, Balcarce y Pringles	Sur-Oeste
5	Plaza de las Américas	Entre Salta, Houriet, Tucumán y Muller y Colombo	Sur-Oeste
6	Plaza Saavedra Lamas y 3 de Febrero	Saavedra Lamas y 3 de Febrero	Nor-Oeste
7	Plaza Italia, Maradona y 3 de Febrero	3 de Febrero entre Italia y Maradona	Nor-Oeste
8	Plaza 25 de Mayo	Sarmiento, Cursack, Moreno y Gay	Nor-Oeste
9	Plaza Barrio Miraflores	Sara Della Negra y Pueyrredón	Nor-Oeste
10	Plaza Villa Guillermina	Alberdi, Terragni	Sur-Este
11	Plaza Los Amigos	Alvear y Brown	Sur-Este
12	Plaza de las Carretas	Belgrano, Oroño, Simón de Iriondo y Gabarret	Nor-Este
13	Plaza Soldados de Malvinas	Ameghino, Perú, Islas Malvinas y Brasil	Nor-Este
14	Plaza Francia lado Norte	Althaus, Perú, Guala y Brasil	Nor-Este
15	Plaza Francia lado Sur	Althaus, Perú, Guala y Brasil	Nor-Este
16	Plaza Tabering	Río Negro, Tabering y Santa Cruz	Nor-Este
17	Plaza Italia	1° Mayo y Donnet	Nor-Este
18	Plaza Arco Norte	Ruta 70	Nor-Este
19	Plaza Arco Sur	Ruta 70	Nor-Este
<b>Plazoletas</b>			
1	Plazoleta Gerardo Mehring	Mitre entre A. Castellanos y Lehmann	Sur-Oeste
2	Plazoleta Renacer	Esq. López y Planes y Mitre	Sur-Oeste
3	Plazoleta Balcarce y Crespo	Balcarce y Crespo	Sur-Oeste
4	Plazoleta Martín Fierro	Hno Lino Terford y J.J. Paso	Nor-Oeste
5	Plazoleta del SAMCO	Janssen 2700	Nor-Oeste
6	Plazoleta Donnet y Crespo	Donnet y Crespo	Nor-Oeste
7	Plazoleta Crespo y Alem	Esq Crespo y Alem	Nor-Oeste
8	Plazoleta Pje Gianelli y Saavedra Lamas	Pje. Gianelli y Saavedra Lamas	Nor-Oeste
9	Plazoleta Pringles Rivadavia	Pringles y Rivadavia	Sur-Este
10	Plazoleta de los Inmigrantes	Dr. Galvez y Sarmiento	Sur-Este
11	Plazoleta Balcarce y 1° de Mayo	Balcarce y 1° de Mayo	Sur-Este
12	Plazoleta Cullen y Maipú	Cullen y Maipú	Sur-Este
13	Plazoleta Castelli	Castelli entre Gadda y Rafaela	Sur-Este
14	Plazoleta Suiza	Av. Colonizadores y Maipú	Nor-Este
15	Plazoleta del Agricultor	Av. Perón (Alberdi) entre Aufranc y Laprida	Nor-Este
16	Plazoleta La Tradición	San Lino y Simón de Iriondo	Nor-Este
17	Plazoleta de la Virgen María	Intersección Ruta 6 y 70	Nor-Este
18	Plazoleta Avellaneda y Hoenfels	Hoenfelds y Avellaneda	Sur-Oeste
19	Plazoleta Reina de la Paz	Lehmann, Lavalle	Sur-Oeste
<b>Parques</b>			
1	Parque de la Agricultura	Rafaela, Aufranc, Av. Colonizadores y 1° Mayo	Nor-Este
2	Parque Dispensario Barrio Unidos	Perú, Stein y Reant	Nor-Este
3	Parque El Molino (ITEC)	Peña entre Dr. Gálvez y 9 de Julio	Sur-Este
4	Monumento al Bicentenario	Ruta 70	Nor-Este

### 3. RESULTADOS

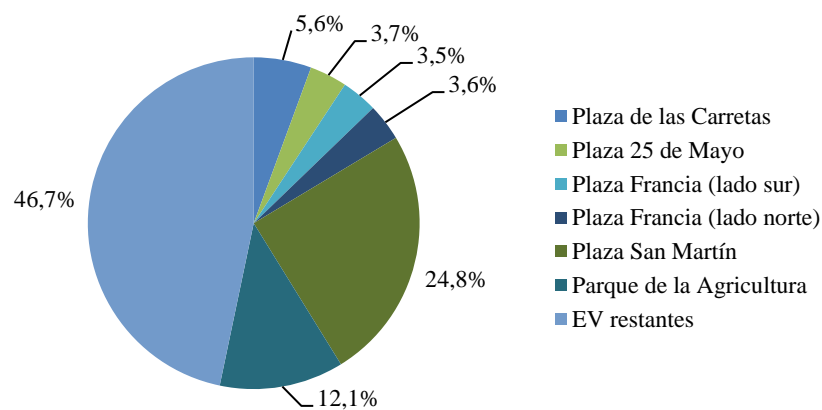
#### Distribución de leñosas

Los árboles, arbustos y palmeras se distribuyeron de la siguiente manera: 1.463 individuos en plazas, 407 en plazoletas y 367 en parques; estos valores, expresados en porcentaje, se observan en la Fig. 2. Los EV con mayor número de individuos fueron: Plaza San Martín (24,8 %), Parque de la Agricultura (12,1 %), Plaza Francia (7,1 %), Plaza Las Carretas (5,6 %) y Plaza 25 de Mayo (3,7 %), los cuales presentaron el 53,3 % de las plantas leñosas; las leñosas restantes (46,7 %) se distribuyeron en los demás EV (Fig. 3).

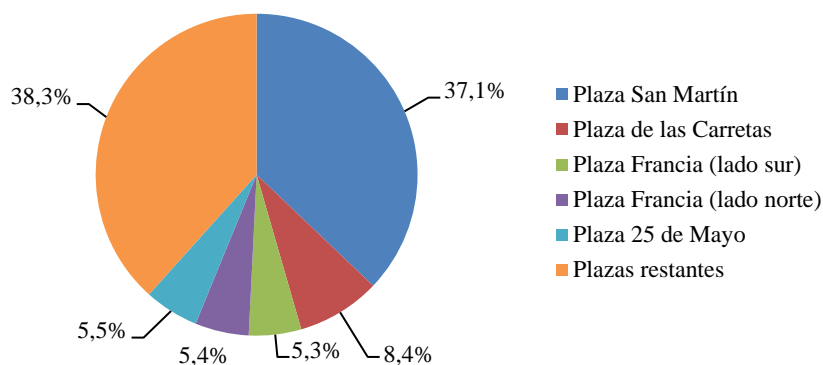
Considerando las plazas, en las que mayor cantidad de individuos se censaron fueron: plaza San Martín, Las Carretas, Francia y 25 de Mayo, las cuales presentaron más del 60% de las leñosas (Fig. 4). Las plazoletas más forestadas resultaron: Plazoleta de Los Inmigrantes, Plazoleta Gerardo Mehring, Plazoleta del SAMCO, Plazoleta de La Tradición (Fig. 5); el mayor número de individuos correspondió a árboles del arbolado de alineación, mientras que en su interior predominaron arbustos con fines ornamentales. El Parque de la Agricultura es el de mayor superficie y presentó cerca del 8 0% de los individuos existentes en los parques (Fig. 6).



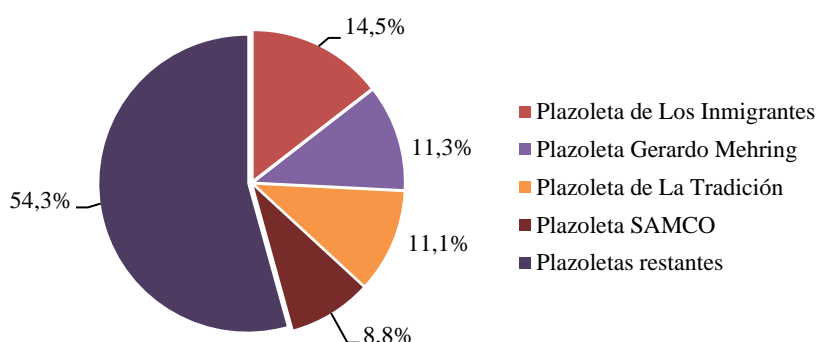
**Figura 2.** Distribución de leñosas, en plazas, plazoletas y parques de la ciudad de Esperanza.



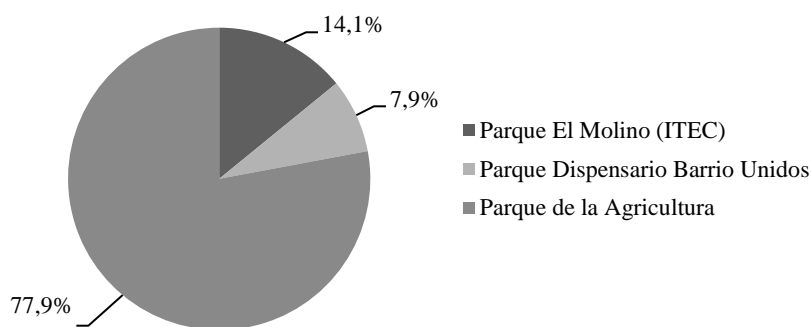
**Figura 3.** EV con mayor cantidad de leñosas, de la ciudad de Esperanza.



**Figura 4.** Distribución de leñosas en plazas de la ciudad de Esperanza.



**Figura 5.** Distribución de leñosas en las plazoletas de la ciudad de Esperanza.



**Figura 6.** Distribución de leñosas en los parques de la ciudad de Esperanza.

Los árboles presentaron la mayor cantidad de individuos (76 % del total de la flora leñosa), las especies exóticas se encontraron en mayor porcentaje (74 %) y los géneros más frecuentes fueron *Fraxinus sp.* y *Cupresus sp.* En el grupo de las nativas, los árboles más frecuentes fueron jacarandá (*Jacaranda mimosifolia* D. Don), palo borracho (*Ceiba sp.*), tipa blanca (*Tipuana tipu* (Benth. Kuntze), lapacho (*Handroanthus sp.*) y algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.).

Los arbustos representaron el 18 % de las leñosas y los más frecuentes fueron rosa (*Rosa sp.*), laurel rosa (*Nerium oleander* L.), cyca (*Cycas revoluta* Thunb), evónimo (*Euonymus japonicus* Thunb) y cina cina (*Parkinsonia aculeata* L.).

Las palmeras tuvieron la menor cantidad de individuos (6 %) y las más frecuentes fueron pindó (*Arecastrum romanzoffianum* (Chan.) Becc.), fénix (*Phoenix canariensis* Chabaud) y washingtonia (*Washingtonia sp.*). En la tabla 2 se observan los géneros y el porcentaje.

**Tabla 2.** Cantidad de árboles, arbustos y palmeras

Tipo de leñosa	Género/especie	Cantidad	%
Árboles	<i>Fraxinus sp.</i>	482	30
	<i>Cupresus sp.</i>	128	8
	<i>J. mimosifolia</i>	115	7
	<i>Ceiba sp.</i>	81	5
	<i>T. tipu</i>	79	5
	<i>Handroanthus sp.</i>	66	4
	<i>Quercus sp.</i>	54	3
	<i>Brachychiton populneus</i> (Schott y Endl.) R.Br.	43	3
	<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq.	40	3
	<i>P. alba</i>	38	2
	<i>Populus sp.</i>	35	2
	<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	34	2
	<i>Thuja sp.</i>	33	2
	<i>Pinus sp.</i>	28	2
	<i>Erythrina crista-galli</i> L.	26	2
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	15	1
	<i>Cedrus sp.</i>	14	1
	<i>Eucalyptus sp.</i>	14	1
	<i>Salix sp.</i>	14	1
	<i>Citrus sp.</i>	13	1
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	12	1	
<i>Enterolobium contorticaliquum</i> (Vell.) Morong	12	1	
<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich	10	1	
Otros	211	12	
<b>Total árboles</b>		<b>2.237</b>	
Arbustos	<i>Rosa sp.</i>	212	39
	<i>Nerium oleander</i> L.	26	6
	<i>Cycas revoluta</i> Thunb	22	5
	<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	20	4
	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	10	2
	Otros	247	44
<b>Total arbustos</b>		<b>537</b>	
Palmeras	<i>Arecastrum romanzoffianum</i> (Chan.) Becc.	80	49
	<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud	40	22
	<i>Washingtonia sp.</i>	30	17
	Otros	22	12
<b>Total palmeras</b>		<b>172</b>	
<b>Total leñosas</b>		<b>2.946</b>	

### Intervención silvicultural

En la mayor parte del arbolado no se observó intervención al menos en los últimos años y se censaron árboles con fustes múltiples o fustes inclinados o torcidos; casi el 40% de ellos fue tutorado, mientras que la poda fue practicada en baja proporción (Tabla 3), esta última fue realizada con la finalidad principal de reducir el tamaño de los árboles, despejar líneas eléctricas, líneas telefónicas y luminarias. Tanto en el arbolado de alineación como en el interior de los EV predominaron especies exóticas (Tabla 3).

En el arbolado de alineación los árboles nativos más frecuentes fueron jacarandá (*J. mimosifolia*), lapacho (*Handroanthus sp.*) y tipa blanca (*T. tipu*). Los árboles exóticos más frecuentes en el arbolado de alineación fueron fresno (*Fraxinus sp.*) y ciprés (*Cupressus sp.*). En el interior, los árboles nativos más frecuentes fueron jacarandá (*J. mimosifolia*), palo borracho (*Ceiba sp.*), tipa blanca (*T. tipu*) y lapacho (*Handroanthus sp.*). Los árboles exóticos que se encontraron en el interior fueron principalmente fresno (*Fraxinus sp.*), ciprés (*Cupressus sp.*) y casuarina (*C. cunninghamiana*). En el arbolado de alineación formado por *Fraxinus sp.* el distanciamiento entre árboles varió entre 6 m y 8 m. Para alineaciones de *J. mimosifolia* la separación entre árboles fue de 9 metros, como se observó en Plaza San Martín; mientras que en arbolado de alineación formado por tipa (*T. tipu*), como se vio en Plaza Alemania y Plaza Taberning, la distancia entre árboles fue de 10 m. En el interior de los EV la distribución fue aleatoria y, en general, todos los árboles contaron con espacio suficiente para expresar todo su potencial de crecimiento.

El corte de raíces fue más frecuente en el arbolado de alineación que en el interior; los cortes de raíces superficiales se practicaron principalmente en árboles que causaron levantamiento de veredas o rotura de cañerías. Los árboles que presentaron raíces superficiales con mayor frecuencia fueron palo borracho (*Ceiba sp.*), ficus y gomero (*Ficus sp.*), ligustro (*L. lucidum*), roble (*Quercus sp.*), lapacho (*Handroanthus sp.*) y tipa (*T. tipu*). En el interior de los EV también se observaron árboles con raíces superficiales, aunque la necesidad de corte de raíces fue menor. Una práctica que se observó frecuentemente fue la identificación con marcas de pintura sobre los troncos de árboles para extracción.

En especies arbustivas las labores más observadas fueron el riego y la poda; respecto de esta última, fue realizada principalmente con el fin de favorecer el crecimiento más compacto del follaje y regular el tamaño de los arbustos a partir del corte de la parte distal de las ramas. Los arbustos se observaron solos o bien formando grupos compactos, como en el caso de los rosadales, en los cuales se practicó la poda con el fin de acortar las ramas. Este manejo fue observado mayormente en Plaza San Martín, en la cual el 59 % de las plantas leñosas resultaron arbustos, en contraste con el 38 % de árboles y el 3 % de palmeras.

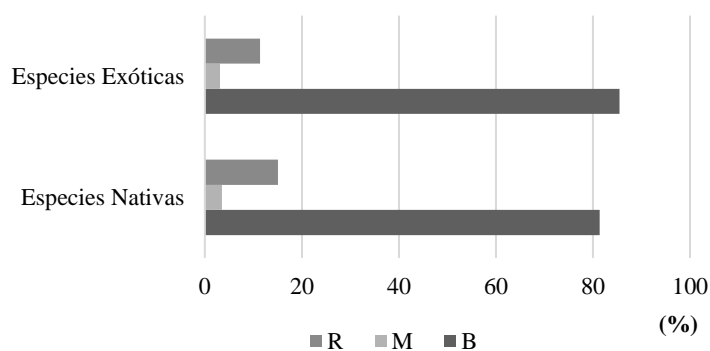
**Tabla 3.** Cantidad de árboles, expresados en porcentajes, según su ubicación, intervención y origen.

		Árboles Nativos	Árboles Exóticos	Total
Ubicación	Alineación	8	31	39
	Interior	23	38	61
Intervención	Podas	2	3	5
	Tutorado	8	30	38
	Sin intervención	22	35	57

### Estado fitosanitario y físico

En general el estado fue bueno, aunque en los árboles nativos se observó mayor porcentaje de individuos con estado regular y malo (Fig. 7). La principal causa del mal estado de los árboles fue por rotura de la copa y rasgado de ramas a causa de tormentas; además de estos daños, se observaron enfermedades fúngicas, daños por vandalismo y daños producidos a causa de malas prácticas silviculturales como tutores mal colocados, podas mal realizadas, entre otras.

En algunos de los árboles que presentaron estado regular y malo se observó la presencia de plantas epífitas tales como *Tillandsia usneoides* (L.) L, los árboles colonizados por esta especie aparecieron en bajo porcentaje.



**Figura 7.** Estado fitosanitario y físico de todas las leñosas.

B, estado bueno; R, estado regular; M, estado malo.

La infraestructura verde censada tuvo una superficie de 321.856,30 m<sup>2</sup>, siendo las plazas las de mayor superficie total (Tabla 4). La categoría que presentó más metros cuadrados disponibles por planta fueron los parques con 129 m<sup>2</sup> (Tabla 5). Por otra parte, si se tiene en cuenta sólo los árboles censados, la superficie promedio para cada árbol fue de 143,87 m<sup>2</sup>.

**Tabla 4.** Superficie de cada espacio verde

Categoría	Superficie (m <sup>2</sup> )	Categoría	Superficie (m <sup>2</sup> )
1 Plaza San Martín	29.461,85	1 Plazoleta Gerardo Mehring	3.130,02
2 Plaza Alemania	6.962,95	2 Plazoleta Renacer	936,65
3 Plaza de las Naciones	7.454,53	3 Plazoleta Balcarce y Crespo	1.508,15
4 Plaza Ghuntard	7.446,59	4 Plazoleta Martin Fierro	3.398,15
5 Plaza de las Américas	8.250,27	5 Plazoleta del SAMCO	410,9
6 Plaza Saavedra Lamas y 3 de Febrero	3.374,22	6 Plazoleta Donnet y Crespo	360
7 Plaza Italia, Maradona y 3 de Febrero	2.882,98	7 Plazoleta Crespo y Alem	2.912,46
8 Plaza 25 de Mayo	6.542,97	8 Plazoleta Pje Gianelli y Saavedra Lamas	1.125,61
9 Plaza Barrio Miraflores	3.762,08	9 Plazoleta Pringles Rivadavia	466,3
10 Plaza Villa Guillermina	3.483,37	10 Plazoleta de los Inmigrantes	1.240
11 Plaza Los Amigos	11.757,23	11 Plazoleta Balcarce y 1° de Mayo	2.906,82
12 Plaza de las Carretas	7.772,31	12 Plazoleta Cullen y Maipú	528,52
13 Plaza Soldados de Malvinas	7.390,26	13 Plazoleta Castelli	985,3
14 Plaza Francia lado Norte	15.193,44	14 Plazoleta Suiza	2.686,22
15 Plaza Francia lado Sur	14.996,76	15 Plazoleta del Agricultor	2.170,20
16 Plaza Tabering	14.341,43	16 Plazoleta La Tradición	7.378
17 Plaza Italia	2.162,12	17 Plazoleta de la Virgen Maria	10.206,01
18 Plaza Arco Norte	11.565,95	18 Plazoleta Avellaneda y Hoenfels	447,01
19 Plaza Arco Sur	8.341,34	19 Plazoleta Reina de la Paz	695,75
<b>Total Plazas</b>	<b>157.346,78</b>	<b>Total Plazoletas</b>	<b>39.883,86</b>
		1 Parque de la Agricultura	103.441,89
		2 Parque Dispensario Barrio Unidos	3.527,34
		3 Parque El Molino (ITEC)	13.357,01
		4 Parque Monumento al Bicentenario	4.299,42
		<b>Total Parques</b>	<b>124.625,66</b>

**Tabla 5.** superficie promedio disponible para cada planta leñosa

	Superficie/planta (m <sup>2</sup> )
Plazas	104,0
Plazoletas	102,8
Parques	129,0
<b>Total espacios verdes</b>	<b>109,3</b>

## 4. DISCUSIÓN

### Distribución de leñosas

#### Árboles

La mayor parte de los árboles (74 %) correspondieron a especies exóticas, siendo el fresno el más representativo (30 % del arbolado). La presencia de *Fraxinus sp.* es frecuente en diversas ciudades, como por ejemplo en el microcentro de Resistencia (Chaco, Argentina), donde la abundancia relativa fue de 22,48 % (Ortiz y Luna, 2019). Roger *et al.* (2014) encontraron en un relevamiento en Plaza Libertad de la ciudad de Santiago del Estero, que más del 70 % de las especies fueron exóticas y Pagella (2016) también observó en EV de Santa Rosa (La Pampa) que las especies exóticas predominaron ampliamente sobre las nativas, tanto árboles como arbustos. En otras partes del mundo se repite la abundancia de especies exóticas en el arbolado urbano, Sosa *et al.* (2011) y Amézquita y Gavilán (2020) encontraron que géneros exóticos como *Casuarina sp.* y *Fraxinus sp.* son típicos de la infraestructura verde de ciudades de Cuba y Colombia respectivamente. No obstante, existen EV de Argentina donde las especies nativas están en mayor proporción respecto de las exóticas, tal como lo observaron Rodríguez *et al.* (2015) en EV de la ciudad de Catamarca, donde casi el 70 % resultaron nativas.

Según Roger *et al.* (2014) debería considerarse una mayor utilización de especies nativas en plantaciones urbanas ya que su incremento permitiría, entre otros beneficios, aumentar el conocimiento de la diversidad autóctona y rescatar un valor cultural de gran importancia. Pagella (2016) menciona que es conveniente que las especies nativas estén presentes en mayor número ya que poseen una gran importancia paisajística y ambiental. Sin necesidad de sustituir todas las especies exóticas por nativas, la manera en que se pueden incluir especies nativas puede ser gradual; según Roger *et al.* (2014), esto podría lograrse aumentando el número de ejemplares de especies nativas y mejorando su distribución, lo cual permitiría, a su vez, mayores posibilidades para la ornamentación de los espacios urbanos (Sosa *et al.*, 2011).

#### Arbustos

Representaron el 18 % de las leñosas, porcentaje mayor al observado por Sosa *et al.* (2011), que fue del 7 %. Pereira *et al.* (2019) mencionan en sus observaciones que la flora arbustiva fue del 45,5 % en el estado de Táchira (Venezuela), distribuida de formas variables, desde plantaciones dispersas y plantas solitarias, hasta el establecimiento de setos continuos en torno a las sendas de las plazas. Teniendo en cuenta la vegetación arbustiva de plazas principales, Roger *et al.* (2014) observaron en Plaza Libertad de Santiago del Estero especies aisladas y distribuidas al azar, o bien en conjunto con especies herbáceas, representando el 55,7 %, dato similar al encontrado en este estudio en Plaza San Martín (59 %). La presencia de arbustos parece ser más o menos frecuente en la infraestructura verde según los sitios observados y para su correcta utilización deberán contemplarse aspectos funcionales, ornamentales y de adaptación al medio. Para Pedrajas (2020) es importante contar con un estrato arbustivo de flores vistosas que llegue a ocupar un 30 % - 40 % de la superficie total de los espacios verdes.

#### Palmeras

Constituyeron el 6 % de la flora leñosa, valor inferior al observado en otros censos, especialmente los realizados en lugares más cálidos, donde el porcentaje superó el 40 % (Sosa *et al.*, 2011); estos autores mencionan entre los géneros más frecuentes *Cocos sp.* y *Reystonea sp.* En un relevamiento del arbolado urbano del microcentro de Resistencia (Chaco, Argentina), Ortiz y Luna (2019) encontraron que la familia *Arecaceae* estaba representada con 20 géneros y fue la segunda más abundante luego de *Fabaceae*. Estos resultados muestran que la inclusión de palmeras en el

arbolado urbano puede encontrarse en diferente proporción, lo cual puede deberse a diversos factores entre los que se pueden mencionar la latitud, el valor ornamental que se le asigna, la promoción que reciben ciertas especies, el conocimiento que se tiene de ellas, la posibilidad de adquirirlas en los viveros proveedores, entre otros.

### **Intervención silvicultural**

El espacio interior de plazas y parques con grandes dimensiones es indicado para localizar especies de gran porte y valor ornamental, tales como *Ceiba sp.*, *T. tipu*, *Handroanthus sp.*, chivato (*Delonix regia* (Hook.) Raf.) o *Prosopis sp.*, entre otras. Teniendo en cuenta que el arbolado de alineación de los EV esté compuesto principalmente de fresno se aconseja que sean tenidas en cuenta otras especies, especialmente nativas, muchas de las cuales poseen gran valor ornamental, se adaptan a diversas condiciones de cultivo, son aptas para distintas ecorregiones y se pueden proponer para diferente ancho de veredas, entre otras bondades (ETFI, 2020). Otro aspecto muy importante a tener en cuenta es el desarrollo de raíces superficiales de forma de reducir las intervenciones de podas radiculares; aunque esta práctica no suele ser muy utilizada (Amézquita y Gavilán, 2020).

La observación y marcación de los árboles defectuosos para su extracción, cuando son realizadas por personal calificado, aporta importantes beneficios operativos al momento de evaluar su estado y hacer el seguimiento del arbolado urbano. Según Drénou (2006) la práctica de observación e identificación de árboles defectuosos constituye el punto de partida para las tareas de conservación del arbolado público; debe tenerse en cuenta que la observación de los árboles es, en sí misma, una práctica de manejo. La extracción de árboles se debe realizar con la debida justificación y autorización, y deberán ser reemplazados por especies de probada aptitud y estado fitosanitario.

### **Estado fitosanitario y físico**

Según Domínguez Lerena *et al.* (2011), varios son los agentes externos que pueden causar daños en los árboles y provocar su decaimiento. En las especies exóticas los árboles con estado regular y malo presentaron un valor cercano al encontrado por Rodríguez *et al.* (2015), quienes mencionan que los árboles de EV de Catamarca con problemas fitosanitarios no superaron el 10%, atribuyendo los defectos principalmente a ataques de insectos, podas mal realizadas, roturas por tormentas y edad de los árboles. Pagella (2016) encontró en EV de Santa Rosa que el 61 % de los árboles mostró estado sanitario bueno y el 30 % estado regular.

La rotura de la copa y rasgado de ramas a causa de tormentas fueron las principales causas del mal estado del arbolado urbano. Estas causales son reportadas por otros autores, tales como Amézquita y Gavilán (2020), quienes encontraron desgarre de ramas junto con ramas secas y copa asimétrica entre las afecciones más frecuentes de la copa; estos autores caracterizaron el estado físico de la copa en bueno, regular y malo, teniendo la mayor cantidad de árboles estado bueno.

Los árboles nativos presentaron mayor porcentaje de individuos con estado regular y malo; esto puede deberse a que la especie que resultó más frecuente (*J. mimosifolia*) puede ser atacada por la chinche de encaje *Teleonemia validicornis* (Asociación Nacional de Arboricultura, 2021), un insecto perteneciente al orden de los Hemípteros. También algunos árboles del género *Prosopis sp.* mostraron estado regular y malo, en este caso por ser muy longevas. Como medida de intervención para este último caso se aconseja la poda de ramas muertas cuando aumenta el riesgo por caídas. Por otra parte, al realizar el recambio de árboles muy defectuosos se deberá tener en cuenta que las plantas a utilizar posean buen estado sanitario, el sistema de vástagos aéreos equilibrado con el sistema radicular y buen vigor de crecimiento; tener en cuenta estas premisas favorecerá el buen estado fitosanitario y físico del arbolado.

La presencia de epífitas tales como *T. usneoides* sobre los árboles con estado sanitario regular o malo se observó en escaso porcentaje, no obstante, se aconseja realizar un seguimiento periódico

del avance de esta especie para evitar daños mayores ya que, según González y González (2007), el desarrollo abundante de plantas epífitas genera una reducción en la cantidad de luz recibida por el follaje y también interferencia en el intercambio gaseoso entre el follaje y los tallos, generando un microclima adecuado para el desarrollo de insectos y hongos. Debe tenerse en cuenta que cuanto más débil está un árbol, más probabilidades tendrá de verse afectado por una plaga o una enfermedad (Domínguez Lerena *et al.*, 2011).

Otra de las causas de estado regular o malo de los árboles fueron prácticas silviculturales deficientes, tales como podas mal realizadas. Sosa *et al.* (2011) encontraron que en muchos casos se observa exceso de podas, lo que trae consigo deformaciones de los individuos y repercute negativamente sobre el arbolado, incluso en la estética. Para evitar problemas físicos y fitosanitarios en los árboles se aconseja elegir las especies en función del espacio disponible de manera que se deba podar lo menos posible, respetando la arquitectura natural de cada especie, intervenir sobre ramas de poco diámetro para que las heridas cicatricen rápidamente, utilizar las herramientas adecuadas y afiladas, entre las recomendaciones más importantes.

### **Superficie de EV por habitante, cantidad de habitantes por árbol y superficie por árbol**

Según el censo poblacional de año 2010, la población de Esperanza fue de 42.082 habitantes (INDEC, 2010); por otra parte, teniendo en cuenta que la superficie de EV es de 321.856,30 m<sup>2</sup>, podemos estimar que en la ciudad cada habitante dispone de 7,64 m<sup>2</sup>, valor inferior al que propone la Organización Mundial de la Salud (9 m<sup>2</sup> de área verde por habitante), cifra que la Organización de Naciones Unidas (ONU) aumentó a 12 m<sup>2</sup> por los beneficios que aportan (Bobadilla, 2019). La superficie por habitante también resulta inferior al de la ciudad de Rosario (Santa Fe), la cual se destaca en lo que a espacio verde urbano por habitante refiere (11,68 m<sup>2</sup>) (Coronel *et al.*, 2014).

Estimando la cantidad de habitantes por árbol (sin tener en cuenta arbustos y palmeras) y los habitantes por cada leñosa los valores encontrados fueron 18,8 y 14,2 respectivamente; ambos valores son superiores a los calculados por Tovar-Corzo (2013) para la ciudad de Buenos Aires (7,76) y Mendoza (2,67).

Teniendo en cuenta sólo los árboles, la superficie promedio fue de 143,87 m<sup>2</sup> disponible por árbol. Es evidente que con la superficie de los EV hay espacio para aumentar la cantidad de árboles o proponer el uso de grandes ejemplares, especialmente en plazas y parques, tal como lo propone el Equipo Técnico Forestal Interinstitucional de Santa Fe (ETFI, 2020). Para el mejor aprovechamiento de estos espacios se sugiere la elección de especies adecuadas, la distribución espacial acorde a su tamaño y aumentar el número, especialmente en los EV con menor cantidad de leñosas.

## **5. CONCLUSIÓN**

Los datos obtenidos constituyen el primer censo de especies leñosas de la infraestructura verde de la ciudad de Esperanza. La mayor parte de los árboles resultaron especies exóticas, por lo cual se sugiere promover la plantación de nativas. El estado fitosanitario y físico en general es bueno y para preservar el arbolado de esta manera se deberá prestar especial atención a las intervenciones, especialmente las podas.

En Esperanza se debe promover el aumento de espacios verdes y maximizar su aprovechamiento con plantación de leñosas. Se debería incluir en próximos estudios otros EV, tales como bulevares y de instituciones intermedias (escuelas, clubes deportivos, hospital, entre otras), ya que constituyen un valioso aporte de servicios ambientales gracias a la vegetación que poseen.

La información generada en este trabajo podrá ser utilizada como aporte para llevar a cabo tareas de planificación en los EV de Esperanza y de otras ciudades. Este trabajo permitirá tomar decisiones de manejo de las plantas leñosas de los EV existentes como de los nuevos EV que pudieran generarse en el futuro.

## AGRADECIMIENTOS

A la Municipalidad de Esperanza, que brinda oportunidades de trabajo en espacios verdes a los alumnos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNL.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aiassa, D. y L. Aun. 2005. Los Espacios Verdes de la Ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista de Urbanismo* 12 (09):62-76.
- Amézquita, A. y E. Gavilán. 2020. *Censo del arbolado urbano ubicado en el Cantón norte del Ejército Nacional de Colombia en la ciudad de Bogotá DC*. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá D.C. 82 p.
- Asociación Nacional de Arboricultura. 2021. Fecha de consulta: junio de 2021. Disponible en: <https://www.facebook.com/pg/Arboricultura-Argentina-109173617188662/posts/>.
- Atiquel Haq, S. M. 2011. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. *Journal of Environmental Protection* (2):601-608.
- Bobadilla, D. 2019. *Análisis del diseño e implementación de la propuesta piloto del inventario de arbolado urbano en la ciudad de Toluca*. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ciencias Ambientales. Toluca, México. 118 p.
- Buduba, C. 2004. Arbolado urbano patagónico: algunos conceptos para su defensa y cuidado. *Patagonia Forestal* 10 (4):11-14.
- Calaza, P. 2016. *Guía de infraestructura verde municipal*. Fecha de consulta: junio 2021. Disponible en: <https://www.aepjp.es/wp-content/uploads/2019/07/AEPJP-Guia-Biodiversidad.pdf>. España. 392-515.
- Comisión Europea. 2013. *Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa*. Fecha de consulta: junio 2021. Disponible en: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0008.05/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0008.05/DOC_1&format=PDF). Bruselas. 12 p.
- Coronel, A.; S. Feldman y R. Piacentini. 2014. *Efecto de agricultura y forestación urbana y peri-urbana sobre la mitigación y adaptación al cambio climático: impactos sobre la temperatura*. Informe Técnico CDKN (Climate and Development Knowledge Network). 33.
- Domínguez Lerena, S.; S. Corcheno; R. Albano y J. Herrera Llano. 2011. *Manual de buenas prácticas para los árboles singulares*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Madrid. 121.
- Drénou, C. 2006. *La poda de los árboles ornamentales, del por qué al cómo*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, España. 264 p.
- ETFI. 2020. *Listado de especies adecuadas para el arbolado público en la provincia de Santa Fe*. Disponible en: <https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/download/240740/1269190/file>.
- González, L. y J. González. 2007. *Inventario, diagnóstico fitosanitario y plan de manejo de los árboles ornamentales en los espacios públicos del municipio de Betania*. Corantioquía, Informe final N° 7191. Medellín. 38.
- Indec. 2010. *Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas*. Fecha de consulta: junio de 2021. Disponible en: [https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010\\_tomo1.pdf](https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf).

- Jiménez-Águila, M.; K. Manzanares-Ayala y M. Mesa-Izquierdo. 2015. Diagnóstico del Arbolado Urbano en La Circunscripción 71, Municipio de Plaza de La Revolución, La Habana, Cuba. *Revista Forestal Baracoa* 34(1):95-101.
- Laffont, E. R.; M. C. Godoy; E. Galdeano; J. M. Coronel y C. Etcheverry. 2016. Arbolado de espacios verdes de la Ciudad de Corrientes: Relevamiento de plagas y enfermedades, asesoramiento y capacitación. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica* 2:129-137.
- Lell, J.; M. Weber; N. Güemes; D. Piagentini; A. Pirovani; M. A. Zanuttini; G. Valentini; R. Le Murray; D. Borbón; F. Cardello y M. González. 2006. *Arbolado urbano: implantación y cuidados de árboles para veredas*. Orientación Gráfica. Buenos Aires. Argentina. 183.
- Lopera, F. 2005. Las zonas verdes como factor de calidad de vida en las ciudades. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales* 37(144):417.
- López Castro. 2013. *Propuesta para la creación de un plan maestro de arbolado urbano de alineación para la localidad de Darregueira, partido de Puán*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Tesis doctoral. 102.
- Ortiz, N. y C. Luna. 2019. Diversidad e indicadores de vegetación del arbolado urbano en la ciudad de Resistencia, Chaco, Argentina. *Agronomía & Ambiente* 39 (2).
- Pagella, H. 2016. *Disponibilidad y situación actual de los espacios verdes de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa*. Facultad Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de la Pampa. Tesina para obtener el grado académico de ingeniero en recursos naturales y medio ambiente. Santa Rosa. La Pampa. Argentina. 64.
- Pedrajas, S. 2020. *Mejora de la infraestructura verde urbana para un conjunto de vivienda social en el distrito Cuatro carreres de Valencia*. Tesis Doctoral. Valencia. España. 40 p.
- Pereira, E.; D. Flores y M. Castillo. 2019. Caracterización de la flora leñosa de los principales espacios verdes urbanos de la parroquia Táriba, municipio Cárdenas, estado Táchira. Venezuela. *Quebracho*. 27(2):108-114.
- Rivas, D. 2005. *Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal*. Tesis de doctorado en Estudios Urbanos, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. 152-161.
- Rodríguez, B.; F. Seleme; R. Palacios; C. Juri; E. Arévalo; E. Ledesma; J. Moya; A. Villegas Marín; G. Santucho y Ma. E. Aibar. 2015. Relevamiento del arbolado urbano de plazas y espacios verdes del centro histórico de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Catamarca. Argentina. *Biología en Agronomía* 5 (2):21-42.
- Roger, E.; M. Generoso; R. Blanco y A. Villaverde. 2014. Caracterización de la flora leñosa en Plaza Libertad, Santiago del Estero. *Quebracho* 22(1):50-56.
- Sosa-López, M.; M. Molina-Pelegrín; I. Puig-Pérez y T. Riquenes-Valdés. 2011. Diagnóstico de la situación del arbolado urbano en la ciudad de Guisa. *Revista Forestal Baracoa* 30 (1):73-78.
- Tovar-Corzo, G. 2013. Aproximación a la silvicultura urbana en Colombia. *Revista Bitácora Urbano Territorial* 22(1):119-136.
- Vásquez, A. 2016. Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande* (63):63-86.



TRABAJO CIENTÍFICO

## Caracterización de la estructura y composición florística de dos tipos forestales del noroeste de la provincia del Chaco

*Characterizing the Structure and Floristic Composition of two forest types in the northwest of the province of Chaco*

*Kees, S. M.<sup>1</sup>; S. C. Torres<sup>2</sup>; A. Morales<sup>2</sup>; L. M. Giraud<sup>3</sup>; S. Ruiz Diaz<sup>2</sup>; M. A. Giodarno<sup>2</sup>; V. H. Galeano<sup>2</sup>; N. A. Kloster<sup>2</sup> y R. Z. Kronemberger<sup>2</sup>*

Recibido en mayo de 2020; aceptado en marzo de 2021

### RESUMEN

Una gestión sostenible de los bosques requiere conocer aspectos ecológicos y el diseño de pautas silvícolas ajustadas a ellos. El objetivo del trabajo fue caracterizar la composición arbórea, la diversidad, la estructura horizontal y vertical de dos tipos de forestales del noroeste de la provincia del Chaco, Argentina, los cuales fueron identificados como Bosque Alto Abierto y Bosque Bajo Abierto. Los datos usados provienen de un inventario forestal de 3.665 ha boscosas efectuado en un predio de 4.978 ha. En el Bosque Alto Abierto, fueron halladas 14 especies y ocho familias botánicas; en el Bosque Bajo Abierto se encontraron ocho especies y seis familias. El coeficiente de mezcla, arrojó valores de 1:19 y 1:26 respectivamente. Con base en el índice de valor de importancia y los valores de cobertura, las especies más importantes fueron *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol* y *Schinopsis lorentzii*. Ambos tipos forestales presentaron diferencias notables tanto en la continuidad de los estratos de altura como en la presencia de individuos en las clases diamétricas mayores.

**Palabras Clave:** bosque nativo, comunidad, ecología, chaco occidental

### ABSTRACT

A sustainable forest management requires knowing ecological aspects and the design of silvicultural guidelines adjusted to them. The objective of the work was to characterize the tree composition, diversity, horizontal and vertical structure of two types of forest in the northwest of the province of Chaco, Argentina identified as High Open Forest and Low Open Forest. The data collected come from a forest inventory of 3,665 ha of woodlands covering 4,978 ha. In the High Open Forest, 14 species and 8 botanical families were found while in the Low Open Forest 8 species and 6 families. The mixing coefficient reached values of 1:19 and 1:26 respectively. On the basis of the importance value index together with the cover values, the most important species were *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol* and *Schinopsis lorentzii*. Both forest types showed notable differences concerning the continuity of the height strata as well as in the presence of individuals in the largest diameter classes.

**Key words:** native forest, community, ecology, western Chaco

<sup>1</sup> Campo Anexo Estación Forestal Plaza. Instituto de Tecnología Agropecuaria. EEA - Sáenz Peña. Lote 4. Colonia Santa Elena. 3536. Presidencia de la Plaza. Chaco. Argentina.

E-mail: kees.sebastian@inta.gob.ar

<sup>2</sup> Dirección de Bosques. Ministerio de la Producción. Gobierno de la Provincia del Chaco. Pellegrini 445, H3700AGI. Presidencia Roque Sáenz Peña. Chaco. Argentina

<sup>3</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Programa Bosques Nativos y Comunidad. UEL Chaco. España 650 Piso 2º Depto. 1º. 3540. Juan José Castelli. Chaco. Argentina

## 1. INTRODUCCIÓN

El Chaco es el bioma más extenso de Argentina (Hueck, 1978), el 50 % de su superficie total se encuentra en nuestro país. Es considerado una de las ecorregiones terrestres críticas de Latinoamérica por el alto grado de amenaza de sus ambientes (Dinerstein *et al.*, 1995). La porción austral del Chaco está representada solo en Argentina y se caracteriza por una marcada estacionalidad hídrica y térmica (Pereyra, 2003).

El rasgo más característico del Chaco son sus bosques, altos densos y más diversificados cuando hay mayor disponibilidad de agua, mientras que son más bajos, abiertos y con menor variedad de especies arbóreas en ambientes más secos. El Chaco es conocido como “el antiguo país del Quebracho, esos gigantes del bosque que requieren más de 150 años para alcanzar la madurez”. Hoy se encuentran en un estado de extrema degradación a causa de la intensa deforestación (Giménez y Hernández, 2008).

La intervención del hombre ha provocado una creciente modificación de la estructura de los bosques y esto es atribuible a la instalación de sistemas silvopastoriles y el aprovechamiento del bosque para la producción de rollizos para la industria del tanino, madera aserrada, leña y carbón. El desmonte para cambio de uso del suelo, en la mayoría de los casos, es en parte precedido por la explotación selectiva y el empobrecimiento, aunque es difícil afirmar que la degradación sea siempre su causa directa y única. La acción del fuego es otro factor importante que actúa como elemento de cambio de la estructura del bosque a nivel local y regional.

Los aspectos funcionales de los bosques chaqueños constituyen una de las áreas de estudio de más reciente desarrollo. Este hecho se debe probablemente a la aceptación por parte de la comunidad científica de la importancia que tienen los procesos ecológicos en el conocimiento de la estructura de los ecosistemas (Biani *et al.*, 2006).

En las últimas dos décadas, se realizaron importantes esfuerzos para estudiar y caracterizar las condiciones de base de la vegetación leñosa y bosques de la región chaqueña. Se pueden citar algunos trabajos como por ejemplo el de Tálamo y Cazziani (2002) que analizaron la diversidad de un área del Parque Nacional Copo en la provincia de Santiago del Estero, por su parte, y desde un punto de vista silvicultural, también para la misma provincia, Brassiolo (2005) estudió y caracterizó los bosques del Chaco semiárido según el potencial de aprovechamiento. Dentro de la misma región ecológica, Gómez *et al.*, (2013) realizaron una descripción fitosociológica de los bosques en el extremo oeste formoseño. En otra escala de trabajo, Torrella *et al.* (2011) estudiaron la composición, estructura y estado de conservación de leñosas del bosque de tres Quebrachos en el SO de la Provincia de Chaco, por su parte, y a una escala menor, tanto Michela y Juárez de Galíndez (2016) como Kees y Michela (2020) brindan detalles sobre bosques del centro oeste de la provincia del Chaco. Respecto a otros departamentos de la provincia del Chaco, existen antecedentes de estudios relativos a bosques del Chaco Húmedo (Gómez y Kees, 2005) no obstante, para las formaciones forestales de mayor extensión en la citada provincia se encontraron escasos datos concretos, en consecuencia, se corre el riesgo que ambientes prístinos sean modificados sin tomar los recaudos mínimos mediante la aplicación de prácticas que deriven de conocimientos traducidos en términos de sustentabilidad.

Asimismo, para avanzar en el proceso de la gestión responsable es condición necesaria contar con información mediante la definición de la distribución diamétrica característica, así como de la estructura horizontal y vertical de este tipo de bosques.

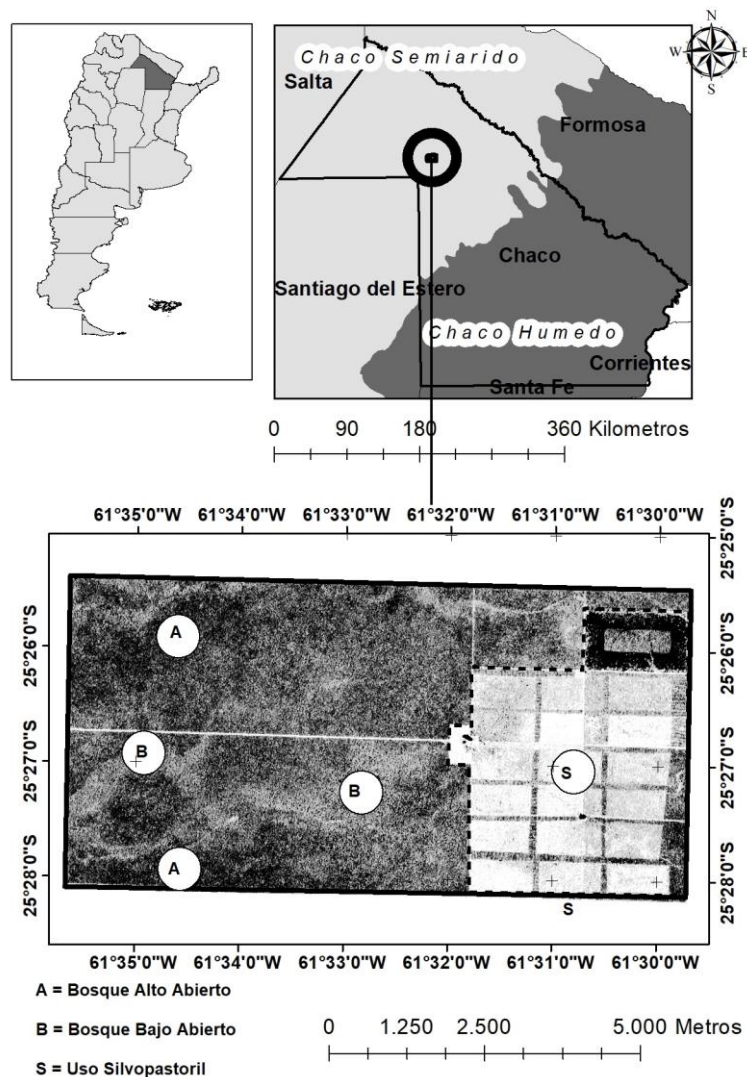
Debido a la presión antrópica que soportan los bosques, en particular del uso ganadero, es relevante hacer un estudio de base para generar información ecológica y silvicultural orientada a la gestión sostenible. El presente trabajo tiene por objetivo describir la composición arbórea, estructura vertical y horizontal y diversidad de los tipos forestales.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a la superficie boscosa que no presenta evidencias de intervención silvicultural (3.665 ha) de la estancia “La Catalina”, ubicada en el noroeste de la provincia del Chaco (61° 32' 35" O, 25° 26' 40" S), cuya superficie catastral es de 4.978 ha. Esta área se halla a 120 km de la localidad de Juan José Castelli, (Figura 1) está ubicada dentro de la unidad geográfica denominada Chaco Semiárido (Prado, 1993).

Gran parte de la superficie boscosa del predio tiene como destino un uso silvopastoril, que llegará a afectar alrededor del 50 % de la cobertura predial.



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio

En cuanto a la ubicación geográfica y desde el punto de vista geomorfológico, Ledesma y Zurita (1995) ubican al sitio de estudio dentro del área Geomorfológica Impenetrable, la que es descrita como una extensa llanura interfluvial que abarca una superficie aproximada de 1.850.000 ha, modelada a partir de un sistema de ríos que interrumpieron su evolución en una etapa en que comenzaban su actividad lateral - derrames - con formación de albardones; estos ríos se

encuentran anastomosados debido al bajo gradiente de los paleocauces, de rumbo oeste-este. Los suelos son de colores claros, pobres en materia orgánica y en proceso de calcificación, dado que las escasas lluvias no alcanzan a cumplir con las funciones de lavado. La agricultura se ve limitada por precipitaciones muy escasas y alta evapotranspiración. La ganadería extensiva, con poco o ningún tipo de manejo.

El clima en esta zona según Ledesma y Zurita (1995) es subtropical continental con estación seca, con un período libre de heladas de 280 a 240 días.

En cuanto al tipo de vegetación boscosa predominante en la zona, Oyarzabal *et al.*, (2018) la describen como una comunidad conformada por un bosque de xerófitas con *Schinopsis lorentzii* y dentro de ésta, se trata de una comunidad local de tipo bosque cerrado de xerófitas, de entre 15 m y 25 m de altura, con *Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho-blanco* acompañadas por *Ceiba chodatii* y *Ziziphus mistol*, siendo un poco más abierto hacia el suroeste donde aparecen *Cercidium praecox* y *Larrea divaricata*.

### 3. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio de la composición florística y la estructura de dos tipos forestales del noroeste de la provincia del Chaco, Argentina, los cuales fueron identificados como Bosque Alto Abierto y Bosque Bajo Abierto dentro de un predio privado denominado “La Catalina”. Se emplearon datos provenientes de un inventario forestal predial estratificado. Se relevaron un total de 18 parcelas de 1.000 m<sup>2</sup>, donde se identificaron y registraron todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10,0 cm a los que también se les estimó la altura total (HT) en metros. La identificación de los individuos se realizó in situ.

En cada tipo forestal se calculó el Índice de Valor de Importancia de cada especie (IVI) [1] como la sumatoria de la abundancia (AB), la frecuencia (FR) y la dominancia (DO) relativas (Finol, 1971). La abundancia hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema) (Lamprecht, 1990). La frecuencia permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas relevadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La frecuencia absoluta se expresa como un porcentaje de la existencia de la especie en todas las parcelas, la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies. La dominancia se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas, que en este caso está representado como área basal. La dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

$$IVI = AB (\%) + DO (\%) + FR (\%) \quad [1]$$

Donde:

AB (%) = abundancia relativa de cada especie.

FR (%) = frecuencia relativa de cada especie.

DO (%) = dominancia relativa de cada especie.

En cada tipo forestal, además, para cada especie se determinó el Valor de Cobertura (VC) [2], como la media aritmética de la abundancia relativa y la dominancia relativa.

$$VC = \frac{AB (\%) + DO (\%)}{2} \quad [2]$$

Para describir la estructura de ambos tipos forestales se utilizaron curvas de distribución de frecuencias diamétricas (Lamprecht, 1990), las cuales son una representación muy potente para describir un stand de árboles (Pond y Froese, 2015) y se utiliza como sustituto de la tabla de vida de una comunidad arbórea para evaluar su dinámica y sustentabilidad; las mismas se ajustaron por medio de la ecuación propuesta por Meyer (1952).

Se analizó la biodiversidad por medio del cociente de mezcla (CM) [3] que expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales, proporciona una idea somera de la intensidad de mezcla, así como una primera aproximación de la heterogeneidad de los bosques. Cabe mencionar que los valores del CM dependen fuertemente del diámetro mínimo de medición y del tamaño de la muestra, por lo cual, sólo se debe comparar ecosistemas con muestreos de igual intensidad (Sabogal, 1980).

Su cálculo se realiza dividiendo el número de especies encontradas entre el total de árboles de las muestras de cada tipo, y se obtiene una cifra que representa el promedio de individuos de cada especie. Este cociente permite tener una idea general de la intensidad de mezcla, es decir, de la forma cómo se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro del bosque; a mayor valor, mayor intensidad de mezcla.

$$CM = \frac{S}{N} \quad [3]$$

Donde:

S = Número total de especies en el muestreo.

N = Número total de individuos en el muestreo.

La estructura vertical se la definió en base al número de estratos de la vegetación leñosa en cada tipo de bosque que surge del empleo de la metodología del diagrama h - M. En este método la diferencia de estratos se obtiene gráficamente planteando la altura total de los árboles (h) en el eje de las ordenadas y el valor acumulativo medio de las alturas (M) en el eje de las abscisas, en escala aritmética. Esta última se calcula de la siguiente manera, a cada valor de h se le asigna un número de orden correlativo desde 1 hasta la cantidad de alturas consideradas, luego a cada altura iniciando por la mayor se le suma la siguiente que representa la media acumulativa parcial de altura a partir del mayor valor de h, finalmente se obtiene el valor de M que resulta de la relación por cociente entre cada suma parcial y el correspondiente número de orden hasta un valor de h inferior al valor máximo de h (Sanquetta, 1995).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies inventariadas en ambos tipos forestales se presentan en la Tabla 1.

En el Bosque Alto Abierto se registraron 14 especies pertenecientes a 8 familias botánicas mientras que en el Bosque Bajo Abierto solo se contabilizaron 8 especies y 6 familias botánicas.

En el primer caso el coeficiente de mezcla (CM) es de 1:19, mientras que en el segundo es de 1:26. Estos valores son muy próximos a los citados por Gómez *et al.*, (2013) para bosques del oeste formoseño y por Kees y Michela (2020) para bosques del centro oeste de la provincia del Chaco, si bien se trata de bosques del Chaco semiárido sus valores no difieren mucho de los citados por Gómez y Kees. (2005) para el este de la provincia del Chaco.

En la Tabla 2 y la Tabla 3 se presentan los valores de la estructura horizontal para ambos tipos forestales.

**Tabla 1.** Especies inventariadas en el Bosque Alto Abierto y en el Bosque Bajo Abierto.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Bosque Alto Abierto	Bosque Bajo Abierto
<i>Prosopis alba</i>	Algarrobo negro	Leguminosae	X	
<i>Acacia praecox</i>	Garabato	Leguminosae	X	X
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	Guaraniná	Sapotaceae	X	X
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	Guayacán	Leguminosae		X
<i>Prosopis kuntzei</i>	Itín	Leguminosae	X	
<i>Ziziphus mistol</i>	Mistol	Rhamnaceae	X	X
<i>Schinus fasciculatus</i>	Molle	Anacardiaceae	X	X
<i>Chloroleucon chacoense</i>	Palo overo	Leguminosae	X	
<i>Ximena americana</i>	Pata	Olacaceae	X	
<i>Aspidosperma quebracho - blanco</i>	Quebracho blanco	Apocynaceae	X	X
<i>Schinopsis lorentzii</i>	Quebracho colorado santiagueño	Anacardiaceae	X	X
<i>Capparis speciosa</i>	Sacha limón	Caparidaceae	X	
<i>Capparis retusa</i>	Sacha poroto	Caparidaceae	X	
<i>Celtis sp</i>	Tala	Ulmaceae	X	
<i>Jodina rhombifolia</i>	Sombra de toro	Santalaceae		X
<i>Senegalia gilliesii</i>	Teatín	Leguminosae	X	

Donde X = presencia de la especie.

**Tabla 2.** Parámetros de la estructura horizontal del Bosque Alto Abierto.

Bosque Alto Abierto Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		VC	IVI
	Aa	Ar (%)	Da	Dr (%)	Fa (%)	Fr (%)		
Algarrobo negro	2,5	0,93	0,08	0,91	12,50	2,17	0,9	4,01
Garabato	7,5	2,79	0,07	0,78	50,00	8,70	1,8	12,26
Guaraniná	21,3	7,91	0,63	6,94	50,00	8,70	7,4	23,54
Itín	2,5	0,93	0,07	0,72	12,50	2,17	0,8	3,82
Mistol	66,2	24,65	2,34	25,58	100,00	17,39	25,1	67,63
Molle	1,3	0,47	0,01	0,14	12,50	2,17	0,3	2,78
Palo overo	10	3,72	0,15	1,62	37,50	6,52	2,7	11,86
Pata	1,2	0,47	0,06	0,61	12,50	2,17	0,5	3,25
Quebracho blanco	92,5	34,42	3,63	39,75	100,00	17,39	37,1	91,56
Quebracho colorado santiagueño	48,7	18,14	1,92	21,02	100,00	17,39	19,6	56,55
Sacha limón	2,5	0,93	0,03	0,35	25,00	4,35	0,6	5,63
Sacha poroto	3,8	1,40	0,04	0,46	25,00	4,35	0,9	6,20
Tala	2,5	0,93	0,03	0,30	12,50	2,17	0,6	3,40
Teatín	6,2	2,33	0,08	0,83	25,00	4,35	1,6	7,50
<b>Total</b>	<b>268,7</b>	<b>100</b>	<b>9,14</b>	<b>100</b>		<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>300</b>

Donde: Aa = abundancia absoluta, Ar = abundancia relativa, Da = dominancia absoluta, Dr = dominancia relativa, Fa = frecuencia absoluta, Fr = frecuencia relativa, VC = valor de cobertura, IVI = índice de valor de importancia.

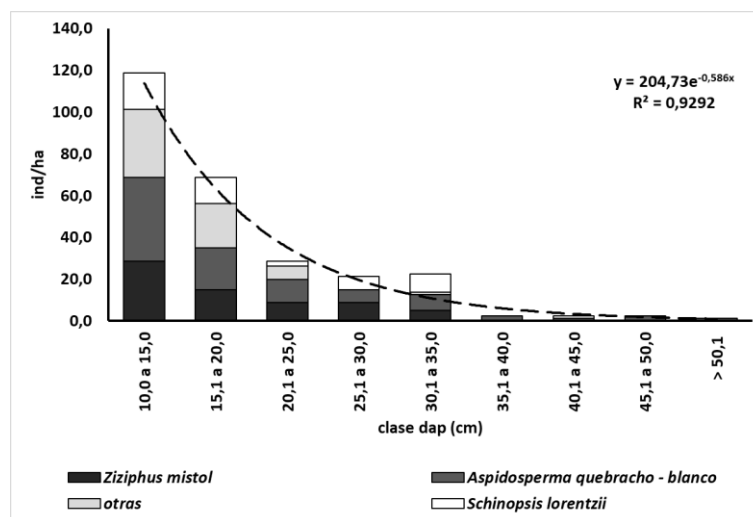
**Tabla 3.** Parámetros de la estructura horizontal del Bosque Bajo Abierto.

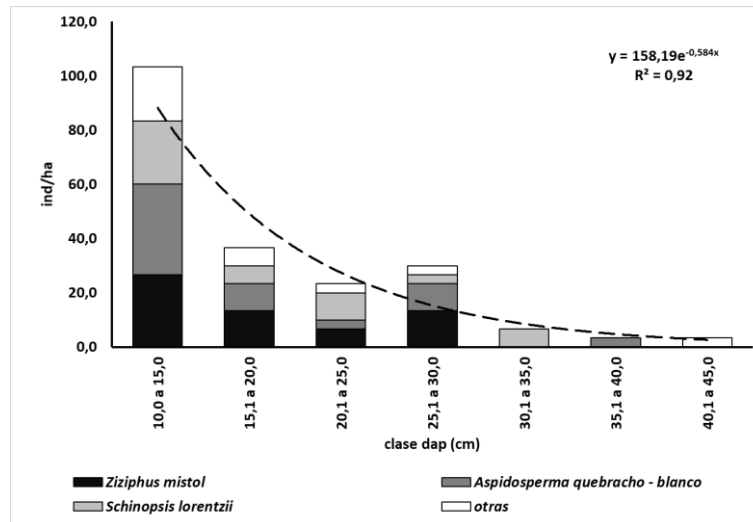
Bosque Bajo Abierto Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		VC	IVI
	Aa	Ar (%)	Da	Dr (%)	Fa (%)	Fr (%)		
Garabato	6,7	3,23	0,05	0,78	66,67	11,76	2,0	15,77
Guaraniná	6,6	3,23	0,35	5,08	66,67	11,76	4,2	20,07
Mistol	60,0	29,03	2,25	32,68	100,00	17,65	30,9	79,36
Molle	6,6	3,23	0,16	2,26	33,33	5,88	2,7	11,37
Quebracho blanco	60,0	29,03	1,77	25,70	66,67	11,76	27,4	66,50
Quebracho colorado santiagueño	50,0	24,19	1,52	22,16	100,00	17,65	23,2	64,00
Tala	3,3	1,61	0,05	0,75	33,33	5,88	1,2	8,24
Sombra de toro	3,3	1,61	0,03	0,42	33,33	5,88	1,0	7,92
Guayacán	10,0	4,84	0,70	10,17	66,67	11,76	7,5	26,78
<b>Total</b>	<b>206,5</b>	<b>100</b>	<b>6,87</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>300</b>

Donde: Aa = abundancia absoluta, Ar = abundancia relativa, Da = dominancia absoluta, Dr = dominancia relativa, Fa = frecuencia absoluta, Fr = frecuencia relativa, VC = valor de cobertura, IVI = índice de valor de importancia.

El Bosque Alto Abierto presenta un 30 % más de individuos arbóreos que el Bosque Bajo Abierto, en términos de área basal esta diferencia llega al 33 % aproximadamente. En ambos tipos forestales tanto el VC como el IVI reflejan que las especies de mayor importancia son los *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Ziziphus mistol*. Estos resultados son similares a los encontrados tanto por Michela y Juárez de Galíndez (2016) para un bosque del Chaco semiárido como por Loto *et al.*, (2018) para bosques de *Bulnesia sarmientoi* (palo santo) también en el Chaco semiárido, además coinciden solo para el caso de los Quebrachos con lo observado por Kees y Michela (2020) siendo diferentes en esta ocasión para el caso de *Z. mistol*.

En las gráficas de las distribuciones diamétricas de ambos tipos forestales que se presentan en las figuras 2 y 3, se muestra la distribución de las especies más frecuentes y las demás están agrupadas en la categoría “otras”. Se puede observar que si bien ambas situaciones presentan una distribución diamétrica característica de estructuras de tipo irregular se destaca la diferencia entre ambos, donde la primera posee dos clases diamétrica más que corresponden a los árboles con diámetros mayores a 45,1 cm de DAP.

**Figura 2.** Distribución diamétrica del Bosque Alto Abierto.

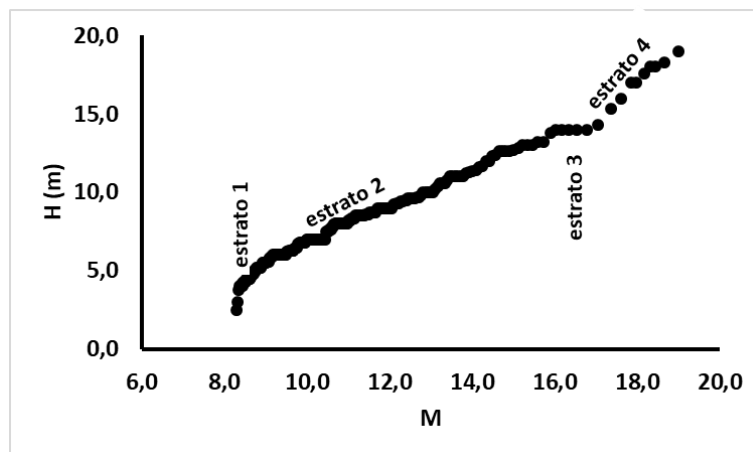


**Figura 3.** Distribución diamétrica del Bosque Bajo Abierto

Respecto a lo hallado por otros autores, ambos tipos forestales presentan valores de constante y pendiente de distribución menores a los hallados por Kees y Michela (2020), sugiriendo que se trata de bosques con una dinámica más lenta en el movimiento de los ejemplares a través de las clases diamétricas, lo cual posiblemente se explique por la falta de intervención silvicultural, además de las condiciones de sitio.

Con base a lo expresado por Brassiolo (2005), los dos tipos forestales analizados se corresponden con un “bosque aprovechable” con un potencial de producción de madera actual o inmediata, expresado no solo en una elevada participación de Quebrachos en las clases diamétricas superiores y predominancia de Mistol en las inferiores e intermedias sino también en los altos valores de área basal que presentan ambos tipos. Se trata de bosques irregulares de crecimiento lento y donde el potencial productivo descansa sobre las especies de gran área basal. En este sentido, considerando los diámetros mínimos de corta para cada especie establecidos según el Decreto Provincial N° 816/92, el Bosque Bajo abierto ofrece como producto principal solamente leña ya sea para su uso como tal o bien para la producción de carbón.

Con base en lo visualizado en los diagramas h - M de ambos tipos forestales presentados en las figuras 4 y 5, tanto para el Bosque Alto Abierto como para el Bosque Bajo Abierto es factible diferenciar 4 estratos en función de los puntos de inflexión que se identifican, resultado similares a los citados por Araujo *et al.*, (2008) quienes mencionan la presencia de tres estratos en bosques con composición florística similar, aunque en condiciones de mayor aridez para la provincia de Santiago del Estero con una metodología diferente.



**Figura 4.** Diagrama h - M del Bosque Alto Abierto

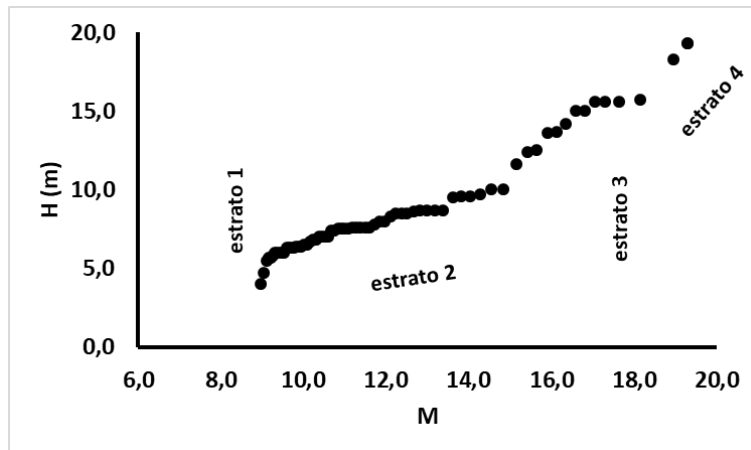


Figura 5. Diagrama h - M del Bosque Bajo Abierto

Comparando ambas figuras, se observa que ambos tipos forestales, se diferencian en la continuidad de los estratos, en el caso del Bosque Alto Abierto existe continuidad entre y dentro de los estratos; mientras que en el Bosque Bajo Abierto esta continuidad se ve interrumpida a medida que se avanza en altura de los estratos. Esto posiblemente esté relacionado a la falta de individuos en las clases diamétricas mayores.

En el Bosque Alto Abierto (Figura 4), el estrato 1 (inferior), alcanza una altura de hasta 6 metros. El 30 % de los ejemplares de este estrato corresponden a *Z. mistol* y un 20 % por *A. quebracho blanco*, otras especies que integran este estrato son: *A. praecox*, *S. obtusifolium*, *S. fasciculatus*, *C. chacoense* y *S. lorentzii*. El estrato 2 (intermedio), alcanza los 13,5 metros de altura, es el estrato con mayor densidad y está integrado por un 31 % de *Z. mistol*, 32 % de *A. quebracho blanco*, 18 % de *S. lorentzii*, 10 % de *S. obtusifolium* y el resto por *P. nigra*, *C. chacoense*, *A. praecox*, *P. kuntzei*, *Capparis sp* y *S. fasciculatus*. En el estrato 3 (superior) todos los ejemplares son de *A. quebracho-blanco*. El estrato 4 (predominante) alcanza los 19 metros de altura, los ejemplares están repartidos en igual proporción entre *A. quebracho-blanco* y *S. lorentzii*.

En el Bosque Bajo Abierto (Figura 5), el estrato 1 (inferior) alcanza una altura de hasta 5 metros. Comparten su participación en igual proporción *Celtis sp.* y *Z. mistol*. El estrato 2 (intermedio), alcanza los 8,7 metros de altura, está constituido por un 46 % de *Z. mistol*, 23 % de *A. quebracho blanco* y el resto por *C. paraguariensis*, *S. obtusifolium*, *J. rhombifolia*, *A. praecox* y *S. fasciculatus*. En el estrato 3 (superior) la altura llega hasta los 15,7 metros donde el 60 % de los ejemplares son de *S. lorentzii*, el 25 % de *A. quebracho blanco* y el resto de *C. paraguariensis*. El estrato 4 (predominante) alcanza los 19 metros de altura y está conformado exclusivamente por *S. lorentzii*.

## 5. CONCLUSIONES

En ambos tipos forestales se visualizan diferencias en composición específica, clases diamétricas y continuidad de estratos de altura; sin embargo, se puede establecer que *Ziziphus mistol*, *Aspidosperma quebracho - blanco*, *Schinopsis lorentzii* son las especies de mayor IVI y VC para ambas situaciones. Con esta base, se recomienda que las pautas silviculturales que se propongan para ambos tipos forestales, estén orientadas a mantener la presencia y participación de estas especies en todas las clases diamétricas y estratos de altura

Es conveniente continuar con estudios relativos a la dinámica de las especies para lograr una comprensión más acabada de las condiciones actuales y generar datos para visualizar las

condiciones futuras de ambos tipos forestales frente a determinado tipo e intensidades de intervención.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, P.; M. C. Iturre; V. H. Acosta; R. F. Renolfi. 2008. Estructura del bosque de la María EEA INTA Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. 14 pp. *Quebracho* 16:5-19.
- Biani N. B.; J. L. Vesprini y D. E. Prado. 2006. *Conocimiento sobre el gran Chaco argentino en el siglo XX. Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 24 pp.
- Brassiolo, M. 2005. Propuestas para la conversión de bosques degradados. Los bosques del Chaco Semiárido *Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario. idia XXI*. INTA. año v. n° 8. pp: 23-28.
- Dinerstein E.; D. M. Olson; D. J. Graham; A. L. Webster; S. A. Primm; M. P. Bookbinder y G. Ledec. 1995. *Una Evaluación del Estado de Conservación de las Eco-regiones Terrestres de América Latina y el Caribe*. Publicado en colaboración con el Fondo Mundial para la Naturaleza. Banco Mundial, Washington D.C.
- Finol, U. H. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana* 14(21):29-42.
- Giménez, A. M. y P. Hernández. 2008. *Biodiversidad en ambientes naturales del Chaco Argentino: Caracterización y aportes para su conservación*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. ISBN: 978-987-1375-26-4. 130 p.
- Gómez, C.; S. Kees; J. J. Skoko. 2013. *Estructura, Sanidad y Composición Florística del bosque de la EEA Ing. Guillermo N. Juárez en la Provincia de Formosa-Argentina*. Argentina: Ediciones INTA. 27 p.
- Gómez, C.; S. Kees. 2005. Estructura y composición florística de un bosque alto explotado. *Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario. idia XXI*. INTA. año v. n° 8. pp. 29-31.
- Hueck, K. 1978. *Los bosques de Sudamérica*. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), 255 pp. Eschborn, Alemania.
- Michela, J. F. y M. Juárez de Galíndez. 2016. Caracterización de un bosque del centro oeste de la provincia de Chaco, Argentina. *Foresta Veracruzana* 18(1):33-44.
- Kees, S. y J. F. Michela. 2020. Estructura y composición florística de tres tipos de bosque de la provincia del Chaco. *Avances* 22(1):21-33. Disponible en: <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/503/1592>
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas- posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*- Edición en español. 335 pp
- Ledesma, L. L.; J. J. Zurita. 1995. *Los suelos de la Provincia del Chaco*. Convenio INT AMAG. Chaco. Argentina.
- Loto, D. E.; I. Gasparri; M. Azcona; S. García y C. Spagarino. 2018. Estructura y dinámica de bosques de Palo Santo en el Chaco Seco. *Ecología Austral* 28(1):064-073. DOI: 10.25260/EA.18.28.1.0.615.
- Meyer, H. C. 1952. Structure, growth and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry* 50:85-92.

- Morello, Jorge y J. Adámoli. 1974. *La vegetación de la República Argentina. Las Grandes Unidades de Vegetación y Ambiente del Chaco Argentino*. Secretaria de Estado de Agricultura y Ganadería de la nación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de Botánica Agrícola. Segunda parte: Vegetación y Ambiente de la provincia del Chaco. Serie Fitogeográfica N° 13. 130 pp.
- Morello J. y J. Adamolí. 1968. *Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino*. Primera Parte. INTA, Serie Fitogeográfica 10; 1-125.
- Oyarzabal, M.; J. Clavijo; L. Oakley; F. Biganzoli; P. Tognetti; I. Barberis; H. Maturo; R. Aragón; P. Campanello; D. Prado; M. Oesterheld y R. León. 2018. Unidades de vegetación de la Argentina. Asociación Argentina de Ecología. *Revista Ecología Austral* 28(1):40-63. Disponible en: [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia\\_Austral/article/view/399/292](http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/399/292)
- Pereyra, F. X. 2003. *Ecorregiones de la Argentina*. Servicio Geológico Minero Argentino. 189 pp.
- Pond, N.; R. Froese. 2015. Interpreting Stand Structure through Diameter Distributions. *Forest Science* 61:429-437.
- Prado, D. E. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America?. I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea* 48:145-172.
- Sabogal, C. 1980 Estudio de caracterización ecológico silvicultural del bosque Copal, Jenaro Herrera (Loreto-Perú). Tesis para optar el título de Ing. Forestal UNALM, Lima. Peru.
- Sanquetta, C. R. 1995. Análise da estrutura vertical de florestas a través do Diagrama h-M. *Revista Ciência Florestal*. Santa Maria, v. 1, n. 5, p. 55-68.
- Tálamo, A. y S. Cazziani. 2002. Variation in woody vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 184:79-92.
- Tálamo, A.; J. López de Casenave; S. Cazziani. 2010. Components of woody plant diversity in semiarid Chaco forests with heterogeneous land use and disturbance histories. *Journal of Arid Environments* 85:79-85.
- Torrella, S.; L. Oakley y R. Ginzburg. 2011. Estructura, composición y estado de conservación de la comunidad de plantas leñosas del bosque de tres Quebrachos en el Chaco Subhúmedo Central. *Ecología Austral* 21:179-188.



NOTA TÉCNICA

## Análisis de rendimiento y desempeño de un tractor adaptado para la extracción de leña en un sistema silvopastoril

*Yield and performance analysis of a tractor adapted for the extraction of firewood in a silvopastoral system*

de Bedia, G. R.<sup>1</sup>; W. Cassino<sup>2</sup>; J. García<sup>3</sup>; R. Cortez<sup>1</sup>;  
A. Chávez<sup>1</sup>; R. Ibáñez<sup>1</sup> y R. López<sup>1</sup>

Recibido en noviembre de 2019; aceptado en septiembre de 2021

### RESUMEN

Tradicionalmente la extracción forestal de leña en el Chaco Semiárido, es ejecutada de manera precaria con implementos de escaso desarrollo tecnológico y exigua ergonomía. El empleo de máquinas agrícolas durante el aprovechamiento forestal, ocasiona un alto impacto ambiental sobre la vegetación remanente. Con la intención de minimizar los daños sobre los árboles en pie, se plantea la necesidad de diseñar nuevas alternativas mecanizadas. El objetivo de este estudio, es analizar el rendimiento y desempeño de un tractor de pequeño porte adaptado para operaciones forestales durante el transporte primario incorporando un trineo forestal. El trabajo tuvo lugar en un bosque bajo manejo de sistema silvopastoril, localizado en la región del Chaco Semiárido de Argentina, departamento Silípica, provincia de Santiago del Estero. Se registraron tiempos operativos de noventa ciclos de trabajo, rendimientos y distancias durante el aprovechamiento forestal. El material leñoso obtenido se cubió de forma directa en las playas de acopio. Los resultados obtenidos del análisis, muestran que durante el ciclo de extracción la actividad que mayor tiempo insume es la "Carga" (0:03':19"), seguido de la "Descarga" (0:02':21") y tanto el "Transporte vacío" como el "Transporte cargado" (0:01':29"0) se mantienen similares, sumando un tiempo promedio por ciclo de trabajo de 0:08':39". La distancia total y media recorrida por ciclo de trabajo neto fue de 325,6 m y 162,8 m; en donde la velocidad media de traslado obtenida fue de 7,5 km/h. El rendimiento promedio de extracción de madera en forma de leña por ciclo de trabajo neto, fue de 1,02 metros cúbicos estéreos/viaje, lo que representa aproximadamente 650 kg/viaje. En virtud a las características y capacidades del equipo utilizado, el desempeño del equipo se encuentra dentro de un rango razonable, con amplias posibilidades de mejoras.

**Palabras clave:** Transporte primario; Chaco Semiárido; Tiempos operativos

### ABSTRACT

Traditionally, the forest extraction of firewood in the Semi-arid Chaco is carried out in precariously with implements of little technological development and meager ergonomics. The use of agricultural machines during forest harvesting causes high environmental impact on the remaining vegetation. Aiming at minimizing the damage to standing trees, the need to design new mechanized alternatives arises. The objective of this study is to analyze the yield and performance of a small tractor adapted for forestry operations during primary transport by incorporating a forest sled. The work was located in a forest managed by the silvopastoral system in the Semi-arid Chaco region of Argentina, Silípica Department, Province of Santiago del Estero. Ninety working-cycle operating systems, yields and distances were recorded during forest harvesting. The woody material obtained was directly cubed on the store yards. The results show that in the extraction cycle the longest activity is "Loading" (0: 03 ': 19"), followed by "Downloading" (0: 02 ': 21") while both "Empty Transport" and "Loaded Transport" (0: 01 ': 29 ")0 remain similar which adds an average time of 0: 08 ': 39" per duty cycle. The total and average distance covered was of 325.6 m and 162.8 m per net working cycle, where the mean transfer speed obtained was of 7.5 km / h. The average yield of wood extraction as firewood per net working cycle was of 1.02 stereo cubic meters / trip, which represents approximately 650 kg / trip. According to the characteristics and capabilities of the equipment used, its performance lays within a reasonable range, with ample room for improvement.

**Keywords:** Primary transport; Semi-arid Chaco; Operating times

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA - Santiago del Estero. Jujuy 850. (4200) Santiago del Estero, Argentina. E-mail: gonzadebedia@gmail.com

<sup>2</sup> Nodo Forestal Norte 2. Dirección Nacional de Bosques (DNB), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). Independencia 2462 PB. (CP 4200) Santiago del Estero, Argentina.

<sup>3</sup> Becario CONICET

## 1. INTRODUCCIÓN

La operación de aprovechamiento forestal en la Región del Chaco Semiárido cobra características particulares, principalmente por las limitantes que imponen los aspectos biofísicos del paisaje, entre los cuales se pueden mencionar el bajo volumen de productos aprovechables por hectárea, el relieve llano, las características de suelos con baja estabilidad estructural y la alta densidad del estrato arbustivo.

El transporte primario es la fase del aprovechamiento forestal en la cual se realiza el movimiento del producto forestal obtenido desde el pie del árbol hasta una playa de acopio y carga, quedando disponible para la fase posterior (Daniluk, 2011; Heikkila s.f.).

Históricamente, la operación tradicional de extracción conocida localmente como *rodeada*, se realizaba por medio de un carro de dos ruedas denominado *zorra*, traccionada por una mula (Turc y Mazzucco, 1995). Desde hace algunos años esta modalidad de extracción es cada vez menos frecuente, utilizando en su lugar un tractor agrícola sin ninguna modificación adicional, con uno o dos acoplados que ingresan dentro del monte para realizar el transporte desde el pie del árbol hasta su destino final. Esta opción mecanizada de transporte con tractores agrícolas, conviene ya que las trozas aprovechadas son de escaso volumen, el terreno no es abrupto y en la zona es más fácil conseguir estas máquinas agrícolas, que máquinas forestales especializadas (Dykstra y Heinrich, 1996).

Para el ingreso de estos equipos en el monte es necesaria la apertura de una trocha de rodamiento superior a los cinco metros de ancho. La eliminación de la vegetación para la apertura de la vía de circulación del equipo, genera un impacto mayor sobre la masa forestal remanente que el apeo de los árboles aprovechados. No cumpliendo así, el objetivo de provocar el menor daño posible a los árboles que quedan en pie y a los brinzales que podrían ser aprovechados a futuro (Daniluk, 2011).

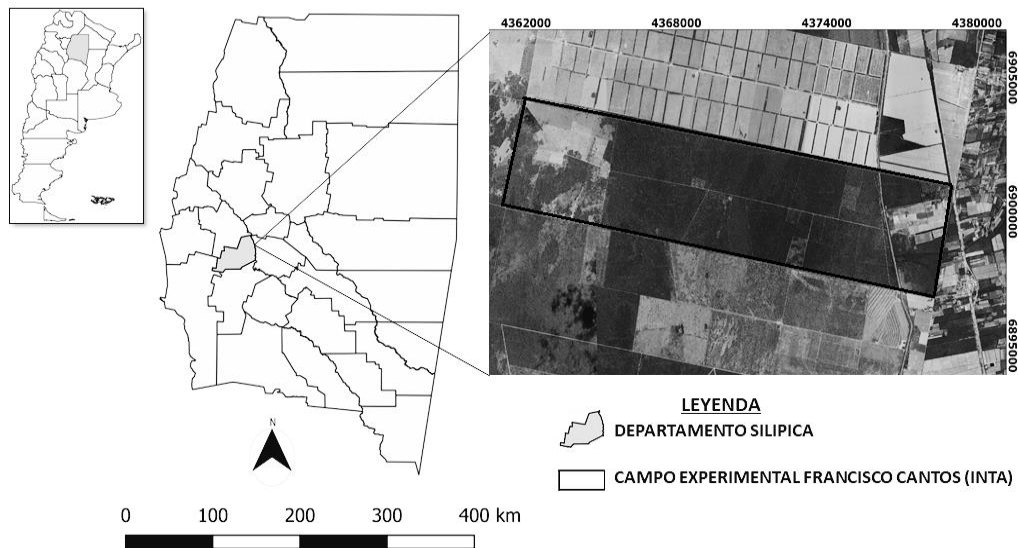
Con el propósito de experimentar otra alternativa mecanizada y de bajo impacto ambiental, para la extracción forestal en un sistema silvopastoril, se realizó el análisis del *transporte primario* o *rodeada* utilizando un tractor de pequeño porte adaptado para las operaciones forestales y un trineo construido con materiales locales.

El objetivo de este trabajo fue analizar el rendimiento y desempeño del equipo utilizado durante el transporte primario de leña en un sistema silvopastoril de la Región del Chaco Semiárido de Argentina.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental “Ingeniero Francisco Cantos” de la Estación Experimental Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santiago del Estero, Argentina ubicado a 29 km al Sur de la ciudad Capital de Santiago del Estero, Departamento Silípica; con su acceso principal sobre la Ruta Nacional N° 9, en el kilómetro 1.108.



**Figura 1.** Área de estudio: Campo Experimental Ingeniero Francisco Cantos, Departamento Silípica, Santiago del Estero, Argentina.

## 2.2 La vegetación, el monte y su manejo

La vegetación está representada por las unidades fisonómicas características del Chaco Semiárido: bosque, parque, arbustal y pastizal. Los bosques presentan una matriz de cobertura arbórea de 12 m a 18 m, con un estrato arbustivo inferior de hasta 3 m a 4 m de altura total. Las especies arbóreas dominantes son *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlttl. (quebracho blanco) y *Schinopsis quebracho colorado* Schlttl. (quebracho colorado), mientras que entre los arbustos se destacan por su dominancia *Acacia furcatispina* Burkart. (teatín), *Celtis pallida* Toor. (tala) y *Capparis atamisquea* Kuntze. (atamisqui) (Equipo forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, 2012).



**Figura 2.** Fisonomía del bosque en el área de estudio.

En el año 2012, el equipo forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, realizó un Inventario Forestal en el sitio de estudio, empleando parcelas circulares de 3.000 m<sup>2</sup> y se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 1.** Parámetros estadísticos del muestreo para el área basal.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
Media (m <sup>2</sup> /ha)	7,57
Desvío estándar (m <sup>2</sup> /ha)	2,14
Coefficiente de variación (%)	28,33
Valor t Student	2,00
Error de muestreo (%)	7,88

En valores promedios, el bosque tiene una abundancia de 541 individuos/ha de árboles mayores a 5 cm de diámetro altura pecho (DAP), y 151 individuos/ha de árboles mayores a 10 cm de DAP.

En cuanto al volumen de la masa, las existencias maderables expresadas en metros cúbicos sólidos por hectárea (m<sup>3</sup>/ha) son: quebracho blanco 25,89; algarrobo negro 3,53; quebracho colorado 16 y mistol 33,88; representando un total de 49,3. (Equipo forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, 2012).

En este espacio, los objetivos de producción fueron:

1. Aprovechamiento de madera para dendroenergía (leña y/o carbón) y para aserrío en industria propia (carpintería de obra y rústica).
2. Producción de carne en manejo silvopastoril.

En cuanto a la intervención del monte, se realizó un rolado selectivo de baja Intensidad (Kuntz *et al.*, 2011) con una pasada, luego se realizó la marcación de poda y raleo empleando la aplicación móvil SilvoINTA (Navall, 2011) y la corta forestal aplicando el método silvícola del Árbol Futuro (MAF) propuesto por Gómez *et al.*, (2012).

Por otro lado, se incorporó como criterio de corta la restricción establecida en cuanto a la intensidad de la intervención, que permite una corta de hasta el 30 % del área basal.

### 2.3 Equipo

Se utilizó un tractor Valpadana 2536 RS de fabricación italiana, tipo viñatero, con una potencia de 36 HP, adaptado para su utilización en tareas forestales. Las modificaciones principales tienen que ver con protecciones de las partes más vulnerables del equipo, para evitar roturas frecuentes y trabajar con cierta efectividad en un ambiente forestal. Los neumáticos están provistos de una cubierta metálica articulada y el frente o trompa del tractor tiene una protección metálica. Esto es particularmente importante en Santiago del Estero, donde los bosques tienen un denso estrato arbustivo y un ambiente muy agresivo (ramas, espinas, etc.).

El tractor se complementó con un trineo de 1,5 m de largo por 0,80 m de ancho, construido con madera local. En el mismo, las uniones de las piezas se realizaron con anclajes metálicos. El trineo trabaja por arrastre, como un remolque sobre el cual se dispone totalmente suspendida la carga.



**Figura 3.** Equipo utilizado durante actividad de extracción primaria (tractor adaptado con trineo).

El transporte primario fue realizado por 5 operarios en total, de los cuales dos operarios se encontraban en cada punto de carga, dos operarios en cada zona de descarga y el operador del tractor quién colaboró en la acción de enganche y desenganche del trineo.

#### 2.4 Registro de tiempos, rendimientos y distancias

Los tiempos fueron medidos mediante un cronómetro manual Modena modelo STOPWATCH MS – 101, empleando el método de “tiempo individual” (Stohr y Leinert, 1978) y registrando los valores en minutos y segundos en un formulario preestablecido. Se registraron los tiempos parciales de noventa (90) ciclos de trabajo neto, conformados por las actividades: transporte vacío – carga – transporte cargado – descarga. Los límites para registrar los tiempos operativos en cada actividad se definieron de la siguiente manera:

Transporte vacío: se considera desde el inicio de cada ciclo cuando el equipo mecanizado inicia su marcha y termina al detener la marcha en cada punto de carga.

Carga: se considera desde que el equipo mecanizado detiene la marcha en cada punto de carga hasta iniciada la marcha de regreso, incluyendo el acomodamiento del trineo y la carga propiamente dicha sobre el mismo.

Transporte cargado: se considera desde que el equipo mecanizado inicia la marcha cargado, hasta que llega y detiene la marcha en la playa de acopio.

Descarga: se considera desde que el equipo mecanizado está estático y termina la descarga en la playa de acopio para iniciar un nuevo ciclo. Tanto las actividades de carga, cómo descarga se realizaron en forma manual.

Se midió la distancia recorrida por ciclo, haciendo uso de un dispositivo GPS de mano marca Garmin modelo MAP Serie 64. El mismo, fue montado en el equipo mecanizado, el cual se activó al inicio y desactivó al final de las jornadas laborales. Se registró la distancia total y fraccionó por el número de ciclos completados en nueve (9) jornadas laborales de 8 horas.

#### 2.5 Aprovechamiento forestal

El material extraído fue madera maciza en forma de leña mezcla de las siguientes especies: quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*) y mistol (*Ziziphus mistol*). Las piezas de leña fueron de diámetros variables y longitud de un metro, como así también rollos de diversas dimensiones. El material obtenido se cortó y estibó individualmente al pie de los individuos abatidos. La extracción del material se realizó hasta 4 playas de acopio estratégicamente distribuidas. En cada playa se realizó la estiba del material para poder realizar las mediciones de volumen.

Luego de cada jornada laboral, se midió con cinta métrica metálica de 5 metros, en forma directa, el volumen en metros estéreos para leña y cúbicos para rollos.

La información recabada se sistematizó, el posterior análisis consistió en el cálculo del promedio y la desviación estándar. Se complementó con gráficos y agrupación de frecuencias. Para ello, se utilizó el software de licencia libre (Infostat) y planilla electrónica de libros MS - Excel.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### a) Tiempos empleados por actividad y totales

**Tabla 2.** Tiempos promedios por actividad de los ciclos de trabajo netos.

<b>Actividad</b>	<b>Valor</b>
Transporte vacío	0:01':29"
Carga	0:03':19"
Transporte cargado	0:01':29"
Descarga	0:02':21"
<b>Total</b>	<b>0:08':39"</b>

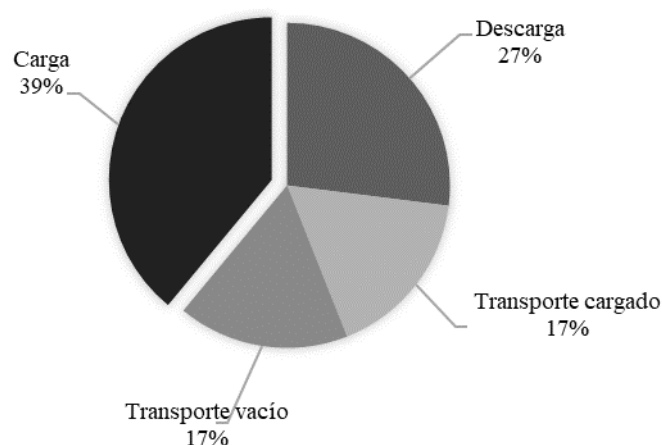
Según Tabla 2, la actividad del ciclo de extracción que más tiempo consume es la “Carga” (0:03':19”), seguido de la “Descarga” (0:02':21”) y tanto el “Transporte vacío” como el “Transporte Cargado” (0:01':29”) se mantienen iguales. Sumando un tiempo promedio por ciclo de trabajo de **0:08':39”**.

**Tabla 3.** Desviaciones respecto al tiempo medio de los ciclos de trabajos netos.

<b>Tiempo mínimo</b>	<b>Tiempo medio</b>	<b>Tiempo máximo</b>
0:06':54"	0:08':39"	0:10':24"

Los valores mínimos, medios y máximos de los tiempos promedios por ciclo de trabajo son **0:06':54”**, **0:08':39”** y **0:10':24”**, respectivamente. Presentando una desviación respecto a la media de **0:01':45”** por ciclo de trabajo, como se presenta en la Tabla 2. Sin embargo, estos resultados difieren con estudios previos en los que se plantea un tiempo de **5'** para el “ciclo medio de extracción” de leña con mula y zorra, (Turc y Mazzucco, 1995).

La distribución porcentual de las actividades en el ciclo de trabajo se presenta en la Figura 4.



**Figura 4.** Participación porcentual de los tiempos por actividad del trabajo.

Como puede observarse, se verifica un mayor tiempo en la actividad de carga (39 %), seguido por la descarga (27 %) y por último el tiempo de los traslados (17 %) son similares. Concentrando un 66 % del tiempo invertido en las dos primeras actividades.

En función de los resultados obtenidos y comparando los valores de los tiempos de “carga” y “descarga”, se podría suponer que el valor del tiempo de “carga”, es mayor por el acomodamiento del trineo en cada punto, que por la carga propiamente dicha sobre el mismo.

En cuanto a la paridad en los resultados obtenidos entre el “transporte vacío” y “transporte cargado,” y asumiendo que el “transporte cargado” tiene una velocidad menos de traslado neto, se podría suponer que la igualdad en los valores resultantes, se explican por la elección de la vía de saca para llegar a cada punto de “carga” (pila de madera de árbol apeado a podado).

#### **b) Distancias recorridas y velocidad de traslado por ciclo de trabajo neto**

La distancia total y media recorrida por ciclo de trabajo neto, fue de 325,6 m y 162,8 m, representando una distancia media de recorrido superior a la obtenida por (Turc y Mazzucco, 1995), que registraron 54 m para este valor de variable en extracción con mula y zorra, lo cual estaría explicando la diferencia en la duración del ciclo de extracción.

En un esquema de planificación para la producción de carbón en hornos fijos, es normal la distancia entre los caminos secundarios de 500 metros, dando una distancia media de transporte primario para la leña, de entre los 100 metros a 150 metros (FAO, 1983), lo que representa valores no muy alejados a los obtenidos en la experiencia.

La velocidad media de traslado obtenida fue de 7,5 km/h. Si esta labor se realizara por arrastre con mulos, según (Peraza, 1964) estaría en el orden de los 3,96 km/h, lo que representa menos de la mitad de lo registrado. Si esta misma faena se realizara con mula y zorra, según (Turc y Mazzucco, 1995), la velocidad de traslado sería de 0,65 km/h, lo que representa un valor claramente inferior a lo registrado.

Por otro lado, generalmente los tractores empleados en trabajos de extracción por arrastre son de mayor potencia que el empleado en esta experiencia y se toma de referencia entre 30 km/h de velocidad para transporte vacío y 4 km/h para transporte cargados (Daniluck, 2011). Lo cual representa una velocidad media de traslado del orden de los 17 km/h, lo que sería 2,2 veces superior a lo alcanzado.

### c) Rendimiento de transporte primario de madera en forma de leña por ciclo de trabajo neto

El rendimiento promedio de transporte primario de madera en forma de leña por ciclo de trabajo neto, fue de 1,02 metros cúbicos estéreos/viaje o ciclo de trabajo, lo que representa aproximadamente 650 kg/viaje y es coincidente con los rendimientos del trabajo con mulo y zorra (Turc y Mazzuco, 1995). El volumen promedio por ciclo se vio limitado por la potencia del tractor, ya que cuando se cargaron volúmenes más altos, se imposibilitaba el arrastre del trineo.

## 4. CONCLUSIONES

- I. En función de las características, capacidades del equipo y condiciones ambientales de trabajo, el desempeño del equipo empleado se encuentra dentro de un rango razonable tomando como parámetro la misma actividad ejecutada con zorra.
- II. La “carga” y “descarga”, se presentan como las principales actividades limitantes, dónde se debe poner especial atención si se busca destinar recursos para mejorar los rendimientos en el tiempo de trabajo.
- III. La incorporación de un sistema de carga suspendida (acoplado) de bajo costo y acondicionado a las exigencias y capacidades del tractor, podría ser una herramienta de impacto positivo inmediato, en las actividades de “descarga” y “transporte”. De esta manera, también se podría mejorar la productividad de la operación, al posibilitar una mayor capacidad de carga sobre el remolque.
- IV. Es factible destinar una menor dotación de mano obra en el equipo de trabajo, designando un operario fijo en la actividad de “carga”, otro operario para la “descarga” y una mayor participación del operador del tractor en ambas actividades.

Por otro lado, se cree necesario plantear como hipótesis de trabajo futuro, la baja incidencia en el ambiente, la sustentabilidad económica y fácil adaptación de esta tecnología de extracción forestal en un sistema silvopastoril de éste y otros ambientes similares.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta iniciativa se hizo posible con el apoyo del Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), Dirección General de Bosques y Fauna de Santiago del Estero, Grupo Producción Forestal de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Santiago del Estero, en el marco del Plan de Manejo y Conservación de Bosques del Campo Anexo “Francisco Cantos”, financiado por la Dirección General de Bosques y Fauna de la Provincia, con fondos de la Ley Nacional N°26.331.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daniluk, G. 2011. *Sistemas de Saca, Madereo o Desembosque*. Apuntes de Apoyo a la Docencia en Ingeniería Forestal y del Medio Natural de la Universidad de Valladolid. [En línea] Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~forestal/cursos/tecmadera/Gustavo/SISTEMAS%20DE%20SACA.pdf>.
- Dykstra D. P. y R. Heinrich, 1996. *Código modelo de prácticas de aprovechamiento forestal de la FAO*. Capítulo 5 - Las operaciones de saca. FAO. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/v6530s/v6530s08.htm#TopOfPage>.

- Equipo forestal EEA INTA Santiago del Estero. 2012. *Informe técnico interno sobre inventario forestal en Campo Experimental Ing. Agr. Francisco Cantos*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1983. Estudio Montes: N° 41 – *Métodos simples para fabricar carbón vegetal*, Capítulo 3. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/X5328S/X5328S04.htm#s>.
- Gómez, C.; M. Brassiolo; S. Kees; A. Guzmán. 2012. Efectos de diferentes intensidades y métodos de corta sobre la regeneración del Bosque Alto del Chaco Húmedo *Quebracho* 20(1-2):60-67 Universidad Nacional de Santiago del Estero Santiago del Estero, Argentina.
- Heikkila, T. A. S.f. *Transporte de madera*. Proyecto CEMAPIF. [En línea] Disponible en: [https://pdfhoney.com/compress-pdf.html?queue\\_id=60f876db42187340548b456f](https://pdfhoney.com/compress-pdf.html?queue_id=60f876db42187340548b456f)
- Kuntz, C. R.; R. R. Ledesma y J. M. Navall. 2011. *RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad*. [En línea] Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/rbi-rolado-selectivo-de-baja-intensidad>
- Navall, J. M. 2011. *SilvoINTA: una aplicación móvil para asistir la Silvicultura de Bosques Irregulares*. [En línea] Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/silvointa-una-aplicacion-movil-para-asistir-la-silvicultura-de-bosques-irregulares>
- Peraza, C. 1964. *Técnicas de Desembosque: Desembosque con tracción animal*. [En línea] Disponible en: <http://infomadera.net/modulos/revista.php?id=10>
- Stohr G. W. D. y S. Leinert. 1978. *Importância e aplicação do estudo do trabalho*. [En línea] Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR7902185>.
- Turc, C. O. y R. V. Mazzucco, 1995. Caracterización de los sistemas de aprovechamiento forestal utilizados en los montes Santiagueños. *Quebracho* 6:59-68.



NOTA TÉCNICA

# Efecto de variables edáficas y microclimáticas en el bosque semideciduo sobre arenas de la Llanura Sur occidental de Pinar del Río, Cuba

*Effect of edaphic and microclimatic variables in the semi-deciduous forest on sands of the Southwestern Plain of Pinar del Río, Cuba*

Valdés Iglesias, M. A.<sup>1</sup>; H. Barrero Medel<sup>2</sup> y C. Rivera Calvo<sup>3</sup>

Recibido en febrero de 2020; aceptado en marzo de 2021

## RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de variables edáficas y del microclima en bosques semidecuidos sobre suelos arenosos de la Llanura Sur occidental de Pinar del Río, Cuba. Para ello se realizó un inventario florístico levantándose 20 parcelas cuadradas de 15 m x 15 m, se validó el muestreo aleatorio simple por la curva área especie y se determinó el índice de valor de importancia ecológica (IVIE) de las especies. Para el análisis de suelo tomaron 40 muestras de suelo, dos por cada parcela a dos profundidades 0 - 20 cm y 20 - 40 cm analizándose las propiedades físico-químicas, así mismo se realizaron registros meteorológicos utilizando un KESTREL- 4 000 el cual permitió obtener datos de temperatura, humedad, índice de calor, punto de rocío, velocidad del viento y presión barométrica analizándose las relaciones existente de las variables edáficas y del microclima con las 12 especies de mayor IVIE mediante un Análisis de correspondencia canónica. Para el análisis de los nutrientes en el follaje se tomaron muestras de diferentes partes de árbol de las doce especies de mayor IVIE en el periodo lluvioso y el periodo poco lluvioso. Los resultados indican la presencia 137 especies pertenecientes a 42 familias y 104 géneros, así como se evidencia la existencia de una relación de las propiedades edáficas y las variables del microclima con las 12 especies de mayor IVIE en la formación vegetal, la cual permite explicar la presencia de las especies forestales en esta formación así también se encontraron diferencias significativas en contenido nutricional del follaje en los dos periodos analizado con el P y K.

**Palabras Claves:** Semideciduo sobre arenas blancas, suelo, microclima, índice de valor de importancia ecológica, contenido nutricional del follaje

## ABSTRACT

This paper aimed to determine the effect of edaphic and microclimate variables in semi-deciduous forests on the sandy soils of the Southwestern Plain of Pinar del Río, Cuba. Thus, a floristic inventory was carried out, by setting 20 square plots of 15 x15 m. The simple random sampling was validated by the species-area curve and the ecological importance value index (IVIE) of the species was determined. Forty soil samples at 0-20 cm and 20-40cm in depth were taken for soil analysis, two per plot and their physical and chemical properties, analyzed. Likewise, meteorological records were made using a KESTREL- 4 000 to obtain data of temperature, humidity, heat index, dew point, wind speed and barometric pressure to analyze the existing relationships of the edaphic and microclimate variables with the 12 species with the highest IVIE through a canonical correspondence analysis. To analyze the nutrients in the foliage, samples from different parts of the trees of the twelve species with the highest IVIE were taken in both the rainy and dry season. The results indicate the presence of 137 species belonging to 42 families and 104 genera, as well as the existence of a relationship between the edaphic properties and the microclimate variables with the 12 species with the highest IVIE in the plant formation, which allows to explain the presence of forest species in this formation; additionally, significant differences were found in the nutritional content of the foliage in the two periods analyzed with P and K.

**Key words:** Semi-deciduous on white sands, soil, microclimate, value index of ecological importance, nutritional content of foliage

<sup>1</sup> Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Calle José Martí 300, Barrio Segundo Sur, e/27 de Noviembre y González Alcorta, Pinar del Río, Cuba. ID: <https://orcid.org/0000-0001-5623-949X>

<sup>2</sup> Profesor Titular. Universidad de Pinar de Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Calle José Martí 300, Barrio Segundo Sur, e/27 de Noviembre y González Alcorta, Pinar del Río, Cuba. E-mail: [hbarrero@upr.edu.cu](mailto:hbarrero@upr.edu.cu). ID: <https://orcid.org/0000-0003-4344-5600>

<sup>3</sup> Profesor Titular. Universidad de Pinar de Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Calle José Martí 300, Barrio Segundo Sur, e/27 de Noviembre y González Alcorta, Pinar del Río, Cuba. ID: <https://orcid.org/0000-0002-4474-7144>

## 1. INTRODUCCIÓN

El distrito de Arenas Blancas en Cuba, incluye ecosistemas que demandan una acción inmediata, entre ellos se encuentra el bosque semidecidual, constituido por dos capas arbóreas y una arbustiva. En estos bosques se evidencia una fuerte degradación, así como la desaparición de muchas especies típicas del ecosistema. Esta área se considera de gran interés científico conservacionista, dado el alto endemismo de su flora y rasgos fisonómicos en la vegetación que la caracteriza (García *et al.*, 2013).

Por su parte (Urquiola *et al.*, 2010) manifiesta que la situación de la vegetación en las arenas blancas de Pinar del Río es realmente crítica. En este sentido, en su estudio sobre la vegetación de este lugar, reporta que la causa fundamentalmente en su alta vulnerabilidad, se debe a que la estrecha ecología de las especies no le permite a estas reaccionar satisfactoriamente ante los impactos ecológicos, sin tomar ventajas en la competencia con otras especies de mayores posibilidades adaptativas. Este fenómeno se acentúa aún más si se adiciona el impacto de origen antropogénico en una comunidad tan frágil como Sabanalamar San Ubaldo, donde es fundamental su elevado endemismo. En Arenas Blancas aparecen con el mayor número de taxones amenazados dentro de los seis distritos de la provincia de Pinar del Río con 120, debido a la existencia de un elevado endemismo, determinado por la escasez de nutrientes y alternancia de períodos de precipitaciones/sequía, lo que condiciona una flora especializada en estos sustratos de condiciones de estacionalidad y nutrientes muy extremos.

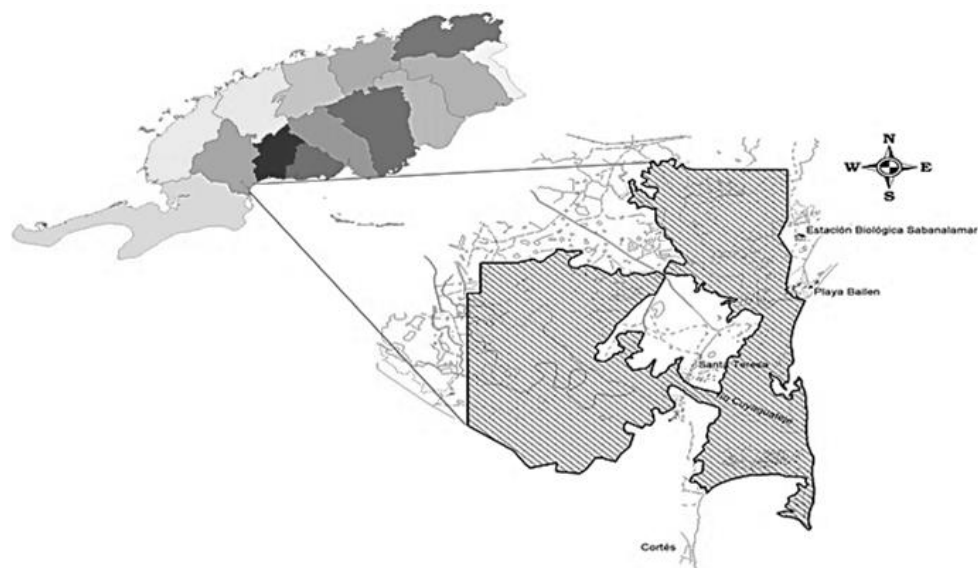
La vegetación es el elemento natural que responde a las características del medio al cual pertenece. Su estudio es importante desde el punto de vista del paisaje para delimitar espacialmente las unidades de vegetación (Duval, 2014).

A través del estudio de los factores ecológicos que influyen en su distribución, es posible inferir los patrones espaciales de las comunidades vegetales. El clima es el principal factor ecológico a escala regional y su influencia se expresa principalmente en los cambios de la fisonomía de la vegetación y composición florística (Walter, 1977; Petagna de Del Río, 1993; Gliessman, 2002).

Los estudios del efecto de variables edáficas y del microclima sobre los bosques ha sido en la última década uno de los elementos de la ecología más realizados entre los que se encuentran Sotolongo y Altanjada, (2014); Jiménez, (2016) en bosques semideciduals sobre suelo calizo, Samaniego, (2015) en el bosque húmedo tropical y Gutiérrez *et al.* (2018) en bosque pluvial montano, sin embargo en el bosque semidecidual de arenas blancas de Sabanalamar San Ubaldo no ha sido tratado con anterioridad, siendo relevante su análisis dada las características geomorfológicas existentes y la vegetación existente tanto de especies de bosques semideciduals sobre suelo ácido como de suelo calizo; es por ello que este trabajo tiene como objetivo determinar el efecto de variables edáficas y del microclima en bosques semideciduals sobre arenas blancas de la Llanura Sur occidental de Pinar del Río.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica regionalmente en la Llanura Sur de Pinar del Río (Figura 1), al sur-suroeste del poblado de Sábalo, limitando al oeste con la carretera que conduce a Cortés desde el entronque de Las Catalinas en la Carretera Panamericana hasta la desembocadura del río Cuyaguaje, por el sur con el mar Caribe hasta la playa Bailén, mientras que por el este y el norte los límites son muy irregulares dependiendo de las áreas del coto minero de Santa Teresa. La Reserva Florística Manejada San Ubaldo-Sabalamar abarca 5.212 ha.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la Reserva Florística Manejada San Ubaldo-Sabanalamar.

La zona objeto de estudio pertenece al clima tipo Cuba centro-occidental y al clima distrito Guane. Está caracterizado por un invierno seco de 13 semanas y un verano lluvioso que se extiende desde febrero y hasta principios de noviembre (Samek y Travieso, 1968). El bioclima de las zonas de arenas blancas del occidente de la provincia de Pinar del Río, es Termoxerochiménico, tipo Medianamente Seco, con 3-4 meses de sequía (Vilamajó, 1989); las precipitaciones con valores entre 1.200-1.400 mm anuales (Izquierdo, 1989). Según Novo y Luis (1989), el bioclima, es tropical caliente con dos períodos de sequía, que alcanzan hasta ocho meses; un período seco normal que incluye parte del otoño, invierno y parte de la primavera y un período adicional en el mes de julio, en pleno verano, con una suma promedio de precipitaciones que no excede 1.100 mm.

Para el estudio se levantaron 20 parcelas cuadradas de 15 m x 15 m, validando el tamaño de la muestra a través de la curva del colector área/especie. Se determina el IVIE mediante la siguiente fórmula,  $IVIE = AR + DR + FR$  (Boscopé y Jorgensen, 2005). Dónde: AR abundancia relativa, FR frecuencia relativa y DR dominancia relativa

Se tomaron 40 muestras de suelo, dos por cada parcela a las profundidades de 0 cm - 20 cm y 20 cm - 40 cm las cuales fueron analizadas en el Laboratorio Provincial de Suelos y Fertilizantes de Pinar del Río teniendo en cuenta los siguientes métodos:

- Determinación de pH. Método Potenciométrico.
- Determinación de los cationes cambiabiles y de la Capacidad de Intercambio Catiónico según el método de Shatschabel.
- Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio para suelos no carbonatados. Método de Oniani.
- Análisis químico de Suelos. Determinación de índices de acidez y grado de acidez según método complexométrico.
- Determinación de la materia orgánica. Método de oxidación reducción.

Se realizaron también mediciones a nivel de microclima (en cada parcela) utilizando una Estación meteorológica automática tipo KESTREL- 4.000 la que permitió obtener datos de temperatura, humedad, índice de calor, punto de rocío, velocidad del viento y presión barométrica en el periodo de enero a julio de 2018.

Para la evaluación de cobertura del dosel se tomaron fotografías hemisféricas con lente ojo de pez en una cámara Cannon EOS 700D acorde al protocolo propuesto por Kalácska, *et al.* (2005), con ajustes para la fase intermedia de la sucesión que describen, reduciendo a 14 el número de fotografías por parcela, dada la diferencia en el tipo de ecosistema. Las fotografías se tomaron a una altura aproximada de 1,5 m. del suelo y con el lente dirigido hacia el cielo. Para el cálculo de la apertura del dosel en %, las imágenes fueron procesadas con el software Gap Light Analyzer vers. 2.0 (Frazer *et al.*, 1999)

Se realizó un análisis de los nutrientes contenidos en el follaje de las diferentes partes de los árboles en las especies más representativas por el IVIE en los dos periodos definidos en Cuba, lluvioso (marzo-agosto) y poco lluvioso (septiembre a febrero) en el Laboratorio Provincial del Ministerio de la Agricultura de Pinar del Rio y con los resultados obtenidos se les aplicó una Prueba de Signo de Wilcoxon mediante software IBM SPS versión 20.

Para analizar la relación de las especies con sus abundancias y las variables edáficas y del microclima se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) con la ayuda del procesador estadístico CANOCO 4.5 para Windows.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados ofrecidos por la curva área especie (Figura 2), demuestran que a pesar de que se levantaron 20 parcelas sólo 15 son necesarias para obtener un muestreo representativo de la vegetación estudiada al obtenerse la asíntota horizontal a partir de esta.

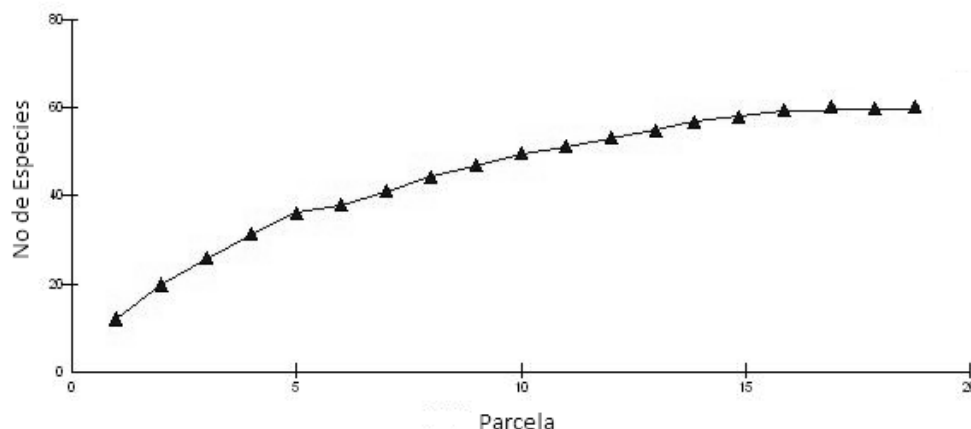


Figura 2. Curva área-especies

En el área muestreada se identificaron 137 especies (anexo 1) con un total de 3.426 individuos distribuidas estas en 42 familias y 104 géneros. Las familias más representadas fueron Fabaceae con 19 (13,9 %) especies, Rubiaceae 13 (9,5 %), Myrtaceae 7 (5,1 %) Arecaceae 6 (4,4 %), Euphorbiaceae 6 (4,4 %), Sapindaceae 5 (3,6 %), Malvaceae 5 (3,6 %) y Flacourtiaceae con 5 (3,6 %). Con respecto a este taxón se coinciden con los trabajos realizados en bosques semidecuidos de sabanas arenosas por Dezzeo *et al.* (2008) en los llanos orientales del Orinoco en Venezuela donde hubo un predominio de especies de la familia Leguminosae al igual que Ferro *et al.* (2016) en bosques semidecuidos del Refugio de Fauna Macurije - Santa María, Camagüey y Leyva *et al.* (2018) en bosque semidecuidos micrófilos en la Reserva Ecológica de Baitiquirí. Así en esta área se encontró una riqueza de especies superior a lo reportado por Villate *et al.* (2010) quienes identificaron un total de 479 especies pertenecientes a 86 familias como resultado de no diferenciar las 5 formaciones vegetales presentes en esta sabana arenosa, así como también

con los realizados por García *et al.* (2013) quienes reportaron un total de 40 especies y 24 familias botánicas, y con Hechavarría y Manzanares (2016) quienes reportan 28 especies es este tipo de formación vegetal.

Se reportan como las especies de mayor IVIE: *Bursera simaruba* (L.) Sargent (15,21), *Guazuma ulmifolia* (Lam) (13,03), *Anacardium occidentale* (L) (11,19), *Oxandra lanceolata* (Sw.) Baill. (10,93), *Cupania americana* (L) (10,47), *Trichilia hirta* (L)(11,75), *Eugenia puniceifolia* (HBK) DC.(9,76), *Caesalpinia violacea* (Hill.) Standl (8,06), *Faramea occidentalis* (Sw) (7,83), *Roystonea regia* (H.B.K.) O. F. Kooc.(6,8), *Calophyllum antillanum* (Britton) (5,21), *Metopium brownii* (Jacq) Urb (5,21). Este resultado coincide para las especies *O. lanceolata* y *C. antillanum* con Jiménez (2016) en el bosque semideciduo mesófilo de la reserva natural «El Mulo», Artemisa quien la reporta como una de las especies de mayor IVI.

En relación al análisis del suelo se presentan clasificados como suelos arenosos cuarzíticos, gleisosos, con agrupamiento poco evolucionados del tipo genético arenosol, Subtipo, típico, húmico y petrocálcico con género cuarzítico y carbonatado.

Los resultados de los análisis de laboratorio realizados a las 40 muestras tomadas fueron ejecutados por el Laboratorio Provincial de Suelos y Fertilizantes de Pinar del Río donde los resultados obtenidos son los siguientes: pH. con rangos extremadamente ácidos a ligeramente alcalinos, Cationes intercambiables con deficiencia de Calcio, Magnesio y Potasio en todas las muestras. El Sodio se presenta en proporciones normales. Movilidad muy baja una Capacidad de Intercambio Catiónico muy baja, con una acidez de suelo catalogado como muy ácidos, con una materia orgánica de muy baja a baja.

Los resultados obtenidos coinciden con Novo *et al.* (1984), quienes plantean que el área estudiada está constituida por depósitos arenosos que no están relacionados con las rocas que los sustenta, calizas y margas del Mioceno Medio y Superior.

Los resultados de la Prueba de Signo de Wilcoxon para el estado nutricional de N, P, K, Ca, y Mg presentes en la muestra foliar analizada se representan en la tabla 1.

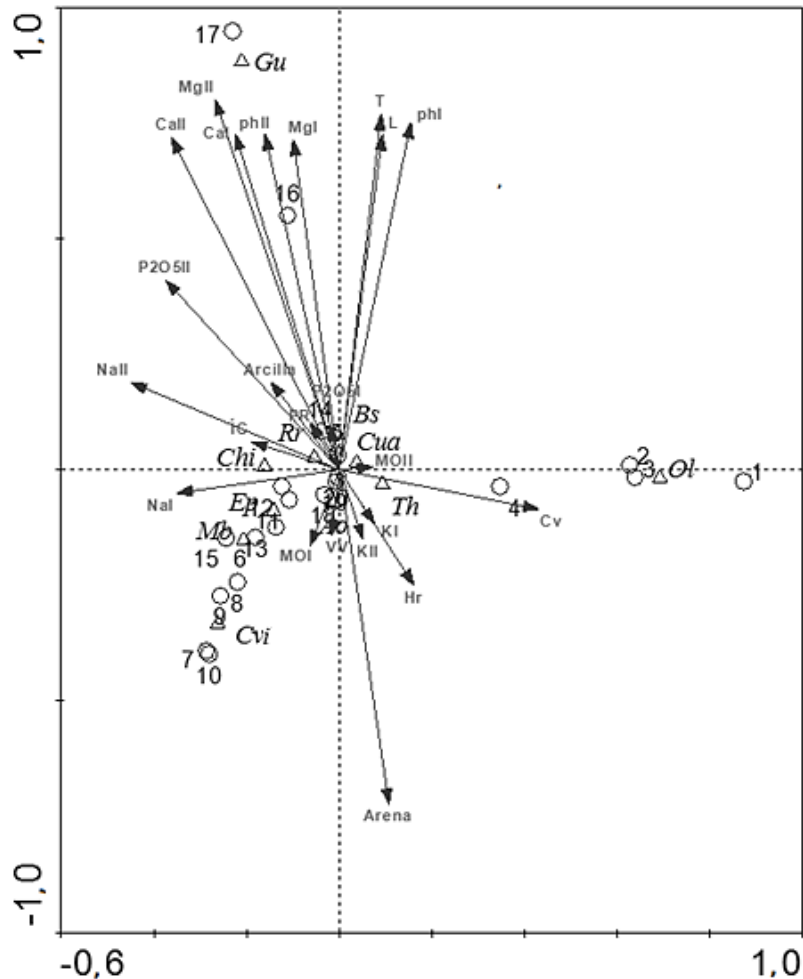
**Tabla 1.** Comparación del estado nutricional foliar en los periodos lluvioso y poco lluvioso.

	N(Lluv) - N(P.Lluv)	P(Lluv) - P(P.Lluv)	K (Lluv) - K (P.Lluv)	Ca(Lluv) - Ca(P.Lluv)	Mg (Lluv) - Mg (P.Lluv)
Z	-,785b	-3,061b	-2,118c	-,785c	-,863b
Sig. asintót. (bilateral)	,433	,002	,034	,433	,388

Los valores obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre los periodo lluvioso y poco lluvioso  $P < 0.05$  entre el N, Ca y Mg mientras que existen diferencias significativas para el P y K. Estos coinciden con los encontrados en plantaciones de plátanos en Córdoba, Colombia por Barrera *et al.* (2007) atribuido a que en la época de lluvia debido a los procesos de dilución, los iones bilaterales se mueven con mayor rapidez hacia las raíces, lo que se refleja con el aumento de calcio en las plantas, aumentando la absorción de los iones potasio y disminuyendo la cantidad de fósforo encontrando la existencia de un proceso de insolubilización de este último elemento en épocas de escasez de agua, así como por Andrade *et al.* (1995) en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en Brasil quienes encontraron una relación de la cantidad de lluvia con una menor cantidad de P e igual comportamiento reportaron Sadeghian *et al.* (2015) en plantaciones de café en Colombia donde encontraron una relación entre la cantidad de lluvia, la textura del suelo con el proceso de lixiviación de P. Este proceso también está relacionados al pH estando en rangos de extremadamente ácidos a ligeramente alcalinos, Schoenholtz *et al.* (2000) plantea, que la gran mayoría de los suelos tropicales presentan pH ácidos, determinados por fenómenos de lavado intenso como consecuencia de las altas precipitaciones., subrayaron que el pH del suelo influye simultáneamente en varios procesos químicos y biológicos; y que la baja presencia del fósforo está relacionado con la lluvia.

El análisis de correspondencia canónica con las 12 especies de mayor IVIE las cuales representan el 78,9 % de la dominancia en el área arrojó un autovalor de 0,75 para el primer eje siendo aceptable ya que el mismo explica la correlación multivariada entre las nuevas variables lineales creadas a partir del análisis, se obtuvo además una inercia de 3,067 indicando que las variables del microclima y edáficas relacionadas con la abundancia de las especies explican las distribución de las especies satisfactoriamente.

En el diagrama de ordenación espacial de especies, parcelas de la vegetación y variables ambientales se representan en la Figura 3.



**Figura.3** Proyección del comportamiento especies, parcelas de la vegetación y variables ambientales.

Leyenda: T (temperatura), Vv (velocidad del viento) Ic (índice de calor), Pp (Punto de rocío), Hr (Humedad relativa), Cv (cobertura vegetal), NaI (sodio de 0-20 cm), NaII (sodio de 20-40 cm), KI (potasio de 0-20 cm), KII (potasio de 20-40 cm), MgI ( magnesio de 0-20cm), MgII (magnesio de 20-40 cm), Ca (calcio de 0-20cm), Ca II (calcio de 20-40 cm), P2OI ( fósforo de 0-20cm), P2OII (fósforo de 20-40 cm), Arena, Arcilla, L (Limo), MOI (materia orgánica de 0-20 cm), MOII (materia orgánica de 20-40 cm), phII (ph de 0-20 cm), ph I (ph de 20-40 cm), Ol (*Oxandra lanceolata* ), Bs (*Bursera simaruba*), Cvi (*Caesalpineia violacea* ), Ca (*Calophyllum antillanum* ), Gu (*Guazuma ulmifolia* ), Th (*Trichilia hirta* ), Rr (*Roystonea regia* ), Cua (*Cupania americana* ), Mb (*Metopium brownii*), Ep (*Eugenia punicifolia*), Ao (*Anacardium occidentale*), Fo (*Fareamea occidentalis*).

En la figura 3 se muestra que las especies *Bursera simaruba*, *Cupania americanam*, *Anacardium occidentale*, *Calophyllum antillanum*, *Fareamea occidentalis*, *Trichilia hirta*, *Roystonea regia* y *Chrisobalanus icaco* y se posicionan cercanas al centro de gravedad de los ejes lo que indica un fuerte relación de estas especies con la totalidad de las variables ambientales analizadas, así se observa una relación de *Trichilia hirta* con la cobertura vegetal, la humedad relativa y el potasio en las dos profundidades analizadas, de *Anacardium occidentale*, *Calophyllum antillanum*, *Fareamea occidentalis* con la materia orgánica en las dos profundidades y con la arena, de

*Roystonea regia* y *Chrisobalanus icaco* con el punto de rocío, la arcilla, el sodio, magnesio y calcio de 20 cm - 40 cm de profundidad, Se ha documentado que Ca está relacionado positivamente con la riqueza de especies de plantas arbóreas (Närhi *et al.*, 2011). se corrobora además la existencia de un gradiente, al existir una pauta de asociación de grupos de parcelas con especies como *Metopium brownie*, *Caesalpinea violacea*, *Eugenia puniceifolia*, *Anacardium occidentale*, *Calophyllum antillanum*, *Faramaea occidentalis* corroborando lo planteado por Drosdoff *et al.* (1975), Thompson & Troeh (1980) que mencionan que, de encontrarse relación de un grupo de especies con algún factor ambiental en particular, las parcelas vecinas deberían compartir esta relación.

En el presente trabajo, se ha encontrado correlación con los factores ambientales edáficos como el N, P, K, pH, materia orgánica, textura y claros del dosel, corroborando lo encontrado por Loza (2008) en un bosque montano pluviestacional húmedo, Villegas (2013) en un bosque montano húmedo en fuertecillo ambos estudios en el parque nacional Madidi, Bolivia y por Samaniego (2015) en relación al pH y la materia orgánica factores edáficos relevantes relacionados fuertemente con la distribución espacial de la vegetación.

El papel de los nutrientes del suelo, es un componente de importancia que controlan los patrones de distribución espacial de la vegetación en la mayoría de las comunidades arbóreas (Cavender-Bares *et al.*, 2004; Cowell, 1993; Park, 2001). La variación de los nutrientes de suelo, en particular de Mg, Ca y K intercambiable, son elementos responsables en los patrones de crecimiento y mortalidad de algunas especies forestales, lo que a su vez resulta en diferentes patrones de distribución espacial y temporal de éstas. Estudios ecológicos (Arii y Lechowicz, 2002; Bigelow y Canham, 2002; Breemen *et al.*, 1997; Dijkstra y Smits, 2002; Horsley *et al.*, 2002) han revelado que el patrón de establecimiento de la regeneración natural se ve influenciado por la disponibilidad de nutrientes en el suelo, sin embargo, tal disponibilidad generalmente fluctúa a escalas espaciales relativamente pequeñas, como un efecto directo de gradientes micro-fisiográficos que incluyen la humedad, lo que produce gradientes de fertilidad-humedad, que consecuentemente contribuyen en la dominancia de algunas especies (Bailey *et al.*, 2004; Baldeck *et al.*, 2013). Un estudio realizado por Johnston (1992), encontró que la concentración de Ca en el suelo, en conjunto con el pH, se correlacionaron positivamente con la composición de especies del bosque húmedo de Tabonuco, en Puerto Rico; el Ca es un nutriente altamente asociado al establecimiento de algunas especies en estadio de plántula, lo cual ha sido atribuido a que este elemento es uno de los macronutrientes más importantes en suelos forestales; su disponibilidad les brinda a las plántulas un mayor crecimiento, además de que tiene una fuerte influencia en la fructificación cuando los árboles son adultos, así como en la activación de sustancias alelopáticas con el fin de evitar ser depredadas por animales herbívoros (Ceccon *et al.*, 2006; Coley, 1983; Coley *et al.*, 1985; De la Cruz y Dirzo, 1988; Dirzo, 1987).

#### 4. CONCLUSIONES

Los bosques semidecíduos de la Reserva Florística Manejada Sabanalamar San Ubaldo ubicados en la Llanura Sur occidental de Pinar del Río presentan condiciones de suelo y microclima característicos para la flora que se desarrolla en el área lo que provoca que esta sea muy especializada y tenga que desarrollar mecanismos de adaptación para su desarrollo. Los análisis del contenido nutricional del follaje en los dos periodos analizados, lluviosos y poco lluviosos, arrojaron diferencias significativas con el P y K.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, G. De C; H. D. Da Silva; C. A. Ferreira; A. F. J. Bellote y L. Moro. 1995. Contribución del agua de lluvia en la oferta de nutrientes minerales para *Eucalyptus grandis*. *Bosque* 16(1):47-51.
- Arii, K. y M. J. Lechowicz. 2002. The influence of overstory trees and abiotic factors on the sapling community in an oldgrowth Fagus-Acer forest. *Ecoscience* 9:386-396.
- Bailey, S. W.; S. B. Horsley; R. P. Long y R. A. Hallett. 2004. Influence of edaphic factors on sugar maple nutrition and health on the Allegheny plateau. *Soil Science Society American Journal* 68: 243-252.
- Baldeck, C. A.; K. E. Harms; J. B. Yavitt; B. L. Turner; R. Valencia; H. Navarrete, *et al.* 2013. Habitat filtering across tree life stages in tropical forest communities. *Proceedings of the Royal Society* 280:1-8.
- Barrera, J. L.; B. Díaz; J. Durango y A. Ramos. 2007. Efectos de la época de lluvia y sequía sobre la absorción de potasio y fósforo en plantaciones de plátano. *Acta Agron (Palmira)* 57(1):55-59.
- Boscopé, F. y P. Jorgensen. 2005. Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas, La Paz. *Ecología en Bolivia* 40(3): 365-379.
- Bigelow, S. W. y C. D. Canham. 2002. Community organization of tree species along soil gradients in a north-eastern USA forest. *Journal of Ecology* 90:188-200.
- Breemen, N., Finzi, A. y Canham, Ch. 1997. Canopy treesoil interactions within temperate forests: effects of soil elemental composition and texture on species distributions. *Canadian Journal of Forest Research* 27, 1110–1116.
- De la Cruz, M. y R. Dirzo. 1988. A survey of the standing levels of herbivory in seedlings from a Mexican rain forest. *Biotropica* 19: 98-106.
- Dirzo, R. 1987. Estudios sobre interacciones planta-herbívoro en Los Tuxtlas, Veracruz. *Revista de Biología Tropical* 35:119-131.
- García Y.; T. Villavicencio; E. Suntasig; M. A. Valdés; Y. Artega y G. Geada. 2013. Evaluación de la estructura y estado de conservación de tres formaciones forestales de la reserva florística manejada San Ubaldo-Sabanalamar. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 1(1).
- Cavender-Bares, J.; K. Kitajima y F. A. Bazzaz. 2004. Multiple traits associations in relation to habitat differentiation among 17 Floridian oak species. *Ecological Monographs* 74:635-662.
- Ceccon, E.; P. Huante y E. Rincón. 2006. Abiotic factors influencing tropical dry forest regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49:305-312.
- Coley, P. D. 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological Monographs* 53:209-233.
- Coley, P. D.; J. P. Bryant y F. S. Chapin III. 1985. Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science* 230:895-89.
- Dezseo, N.; S. Zambrano; L. Rodgers; E. Ochoa. 2008. Estructura y composición florística de bosques secos y sabanas en los llanos orientales del Orinoco, Venezuela. *Interciencia* 3(10):733-740.
- Dijkstra, F. A. y M. M. Smits. 2002. Tree species effects on calcium cycling: the role of calcium uptake in deep soils. *Ecosystems* 5:385-398.
- Drosdoff, M; G. Aubert y K. J. Coulter. *Suelos de las regiones tropicales húmedas*. 1975. Primera edición. 271 p.
- Duval, V. S.; G. M. Benedetti; A. M. Campo. 2014. Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, México* 88:33-44.

- Ferro, J.; J. A. Valdés; D. Sánchez; G. Abad. 2016. Particularidades del paisaje vegetal en el complejo de playas del Refugio de Fauna Macurije - Santa María, Camagüey, Cuba. *Revista ECOVIDA* 6(1):102-125.
- Frazer, G. W.; C. D. Canham & K. P. Lertzman. 1999. *Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user's manual and program documentation*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.
- Gliessman, S. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE, Costa Rica.
- Gutiérrez, E.; J. L. Soza; M. Rivero. 2018. Flora del bosque pluvial montano y su relación con variables ambientales, en el Parque Nacional Turquino de Cuba. *Cienc Tecn UTEQ* 11(2):57-67.
- Hechavarría, O y K. Manzanares. 2016. *Primer informe sobre recursos genéticos forestales hasta 2020*. Instituto de Investigaciones Agro-forestales. MINAG. 28-29 p.
- Horsley, S. B.; R. P. Long; S. W. Bailey; R. A. Hallett y P. M. Wargo. 2002. Health of eastern North America sugar maple forests and factors affecting decline. *Northern Journal of Applied Forestry* 19:34-44.
- Izquierdo, A. 1989. Precipitación media anual 1964-1983, escala 1:2 000 000. En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. Editado por Instituto de Geografía, ACC, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Impreso Instituto Geográfico Nacional de España. Mapa VI. 31.
- Jiménez, A. 2016. Caracterización florística del bosque semidecuido mesófilo de la reserva natural "El Mulo", Artemisa, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 4(1):3.
- Johnston, M. H. 1992. Soil-vegetation relationships in a Tabonuco forest community in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 5:253-263.
- Kalácska, M.; J. C. Calvo-Alvarado & G. A. Sánchez-Azofeifa. 2005. Calibration and assessment of seasonal changes in leaf area index of a tropical dry forest in different stages of succession. *Tree Physiology* 25:733-744.
- Leyva, I.; K. R. Semanata; A. Cuscó; Y. Rodríguez; Y. Reyes. 2018. Estado de conservación de la vegetación del bosque semidecuido micrófilo en la Reserva Ecológica de Baitiquirí. *Revista Cubana Ciencias forestales* 6(3):341-353.
- Loza, I. 2008. *Relación entre la composición florística con factores edáficos en un bosque montano pluvial húmedo (Parque Nacional Madidi La Paz -Bolivia)*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 86 p.
- Närhi, P.; M. Middleton; N. Gustavsson; E. Hyvönen; M. Sutinen y R. Sutinen. 2011. Importance of soil calcium for composition of understory vegetation in boreal forests of Finnish Lapland. *Biogeochemistry* 102:239-249.
- Novo, R y M. Luis López (1989): Bioclimas de Pinar del Río. Departamento de Geografía-Centro de Documentación Academia de Ciencias de Cuba de Pinar del Río. 92 pp, 4 mapas.
- Novo, R.; A. Urquiola y E. Vega. 1984. *Análisis fitogeográfico de las Llanuras arenosas de Pinar del Río. Potencialidades de áreas con valores para estudio y conservación*. Departamento de Biología-Centro de Documentación. Instituto Superior Pedagógico de Pinar del Río. 32 pp.
- Park, A. 2001. Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine-oak forests. *Forest Ecology and Management* 144:213-218.
- Petagna Del Río, A. M. 1993. *Biogeografía*, Ed. CEYNE, Argentina.
- Sadeghian S.; H. González; E. Arias. 2015. Lixiviación de nutrientes en suelos de la zona cafetera Prácticas que ayudan a reducirla. *Boletín Técnico Cernicafe* 40:32 p.
- Samaniego, E. 2015. Líneas estratégicas para el manejo del bosque húmedo tropical premontano en la estribación oriental del Parque Nacional Llanganates, Ecuador. Disponible en: <http://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/2174/1/Edison%20Oswaldo%20Samaniego%20Guzm%C3%A1n.pdf>

- Schoenholtz, S. H.; H. V. Miegroet y J. A. Burger. 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. [en línea]. *Forest Ecology and Management* 138(1):335-356.
- Sotolongo, R y J. Altangada. 2014. *Relación entre variables ambientales y presencia de las especies Cedrela odorata L., Hibiscus elatus Sw. y Sideroxylon foetidissimum Jacq. en la loma el mogote de Soroa de la reserva de la Biosfera Sierra del Rosario*. Disponible en: <http://cvforestal.upr.edu.cu/resource/download.html>
- Thompson, M. L. & R. F. Troeh. 1980. *Los suelos y su fertilidad*. Cuarta edición. Barcelona. p.156-159.
- Urquiola, A.; L. González-Oliva; R. N. Carbó & Z. Acosta. 2010. *Libro Rojo de la flora vascular de la Provincia de Pinar del Río*. Jardín Botánico de Pinar del Río, Cuba. *Publicaciones Universidad de Alicante*. 403 p.
- Vilamajó, D. 1989. Mapa de Bioclima. *En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. Sección X.1.2-3, La Habana, Cuba.
- Villate, M.; P. P. Herrera; A. J. Urquiola; N. E. Nápoles. 2010. Flora sinántropa en las comunidades terrestres de la Reserva Florística Manejada San Ubaldo-Sabanalamar, Pinar del Río, Cuba. *Acta Botánica Cubana. Instituto de Ecología y Sistemática* (207):35-44.
- Villegas, R. 2013. *Influencia de factores físicos sobre la estructura comunitaria del bosque montano húmedo en fuertecillo, parque nacional Madidi, La Paz-Bolivia*. Universidad Mayor de San Andrés. 104pp.
- Walter, H. 1977. *Zonas de vegetación y clima*, Ediciones Omega, Barcelona.
- Zamek, V & A. Travieso. 1968. Climaregiones de Cuba. *Rev. Agr* 2(1):5-23.

### Anexo 1

Especies	Familias
<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baill.	Annonaceae
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam) Hart.	
<i>Annona glabra</i> (L.)	
<i>Anacardium occidentale</i> (Lin)	Anacardiaceae
<i>Spondias mombin</i> (Lin)	
<i>Metopium brownii</i> (Jacq) Urb.	
<i>Roystonea regia</i> (H.B.K.) O. F. Kooc.	Arecaceae
<i>Acoelorrhaphe wrightii</i> (Griseb et Wendl.)	
<i>Colpotherinax wrightii</i> (Griseb. Et Wendl)	
<i>Copernicia glabrencens</i> (Wendl. Ex Becc)	
<i>Saval yapa</i> (C.Wright Ex Becc)	
<i>Coccothrinax miraguana</i> (A. Rich) León	
<i>Furcraea hexapetala</i> (Jacq.) Urb.	Agavaceae
<i>Commelina erecta</i> (Lin)	Commelinaceae
<i>Tabernaemontana citrifolia</i> (Urb)	Apocynaceae
<i>Rauvolfia tetraphylla</i> (Lin)	
<i>Echites myrtifolia</i> (R.&S)	
<i>Eupatorium havanense</i> (HBK)	Asteraceae
<i>Tabebuia lepidophylla</i> (A.Rich) Greem.	Bignoniaceae
<i>Cressentia kujete</i> (L).	
<i>Gerascanthus gerascanthoides</i> (B.B.K) Borhidi	Boraginaceae
<i>Tournefortia hirsutissima</i> (L)	
<i>Tournefortia roigii</i> Britt	
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent	Burseraceae
<i>Harrisia eriophora</i> (Britton)	Cactaceae
<i>Canella winterana</i> (L.) Gaertn.	Canelaceae
<i>Cecropia schreberiana</i> (L)	Urticaceae

<i>Chrysobalanus icaco</i> (L)	Chrysobalanaceae
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) How.	Combretaceae
<i>Clusia rosea</i> (Jacq)	Clusiaceae
<i>Calophyllum antillanum</i> Britton	
<i>Curatela americana</i> (L)	Dileniaceae
<i>Davilla rugosa</i> (Poit)	
<i>Savia sessiliflora</i> (Sw) Will.	Euforbiaceae
<i>Gymnanthes lúcida</i> (Sw)	
<i>Adelia recinella</i> (L)	
<i>Adelia laurifolia</i> (L)	
<i>Phyllanthus heliotropus</i> (Griseb)	
<i>Phyllanthus juncens</i> (Muell. Arg)	
<i>Erythroxyton spinescens</i> (A.Rich)	Erythroxyloaceae
<i>Erythroxyton havanense</i> (Jacq)	
<i>Tillandsia cetaceae</i> (Sw)	Bromeliaceae
<i>Tillandsia tenuifolia</i> (L) var.tenuifolia	
<i>Tillandsia ligulata</i> (L.)	
<i>Tillandsia polystachia</i> (L.)	
<i>Dychrostachys cinerea</i> (L)	Fabaceae
<i>Andira inermis</i> (W.Wright)	
<i>Caesalpinia violácea</i> (Hill.)Standl.	
<i>Lonchocarpus dominguensis</i> (Pers.) DC	
<i>Peltophorum adnatum</i> Griseb	
<i>Pithecellobium discolor</i> Britt	
<i>Pithecellobium obovale</i> (A. Rich.) Wr.	
<i>Pithecellobium cubensis</i> (Bisse)	
<i>Pithecellobium lenticifolium</i> (A.Rich.)CW.	
<i>Inga vera</i> Willd.	
<i>Belairia ternate</i> ( WrC)	
<i>Lysiloma sabicu</i> (Benth)	
<i>Ateleia gummifera</i> (Bert.) D.Dietr.	
<i>Brya microphylla</i> (Bisse)	
<i>Caesalpinia bahamensis</i> Lam.	
<i>Abrus precatorius</i> (L)	
<i>Centrosoma virginianum</i> (L.) Benth.	
<i>Galactia savannarum</i> Britton	
<i>Zornia diphylla</i> (L) Pers	
<i>Zuelania guidonia</i> (SW) Britt et Millsp	Flacourtiaceae
<i>Casearia silvestrys</i> (Sw)	
<i>Casearia hirsuta</i> (Sw)	
<i>Casearia mollis</i> (Humb)	
<i>Casearia aculeatea</i> (Jacq)	
<i>Hypericum styphylloides</i> (A. Rich)	Hypericaceae
<i>Hypericum hypericoides</i> (L.) Crantz	
<i>Licaria jamaicensis</i> (Nees) Kosterman	Lauraceae
<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb	
<i>Cassya filiformis</i> (L)	
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Malvaceae
<i>Carpodiptera cubensis</i> Griseb	
<i>Luhea speciosa</i> (Willd)	
<i>Sida brittonii</i> L.	
<i>Hibiscus costatus</i> (A. Rich)	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) HBK	Malpighiaceae
<i>Malpighia cubensis</i> (Kunth)	
<i>Tetrazygia impressa</i> (Urb)	Melastomataceae
<i>Pachyanthus wrightii</i> (Griseb)	
<i>Conostegia xalapensis</i> (D.Don)	
<i>Clidemia hirta</i> (L.D.Don)	
<i>Trichilia hirta</i> (L)	Meliaceae
<i>Trichilia havanensis</i> (Jacq) havanensis Jacq	
<i>Guarea guidonia</i> (L) Sleuner	

<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied	Myrtaceae
<i>Eugenia rocana</i> Britt&Wills	
<i>Eugenia cristata</i> (Wr)	
<i>Eugenia farameoides</i> A.Rich	
<i>Eugenia puniceifolia</i> (HBK) DC.	
<i>Plinia orthoclada</i> (Urb)	
<i>Eugenia axillaris</i> (Sw) Will	
<i>Mollugo brevipes</i> (Urb)	Molluginaceae
<i>Pisonia aculeata</i> (L)	Nyctaginaceae
<i>Oeceoclade maculata</i> (Lindl) Lind.	Orchidaceae
<i>Oxalis pinetorum</i> (Small) Urb	Oxalidaceae
<i>Pinus caribaea</i> var <i>caribaea</i> Morelet	Pinaceae
<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	
<i>Lacisis divaricata</i> (L) Hitchc	Poaceae
<i>Polygala glochidiata</i> (H.B.K)	Polygalaceae
<i>Polygala squamifolia</i> (Wr)	
<i>Polygala violaceae</i> (Aubl)	
<i>Alibertia edulis</i> (LC) Rich.	Rubiaceae
<i>Amaioua corymbosa</i> K	
<i>Faramea occidentalis</i> (Sw)	
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	
<i>Hirtella americana</i> (L)	
<i>Gettarda caliptrata</i> (A.Rich)	
<i>Guertarda elliptica</i> Sw.	
<i>Genipa Americana</i> Lin.	
<i>Mitrocarpus glabrenses</i> (Griseb) Urb.	
<i>Mitrocarpus scaberulus</i> (Urb)	
<i>Mitrocarpus laetiviridis</i> (Wr. Ex Sauv)	
<i>Nodocarpea radicans</i> (Griseb)	
<i>Ricardia sabannarum</i> (L)	
<i>Amyris balsamifera</i> (L)	Rutaceae
<i>Zanthoxylon fagara</i> (Sargent)	
<i>Zanthoxylon martinicense</i> (Lam) DC	
<i>Allophylus cominia</i> (L) Sw	Sapindaceae
<i>Cupania glabra</i> (L)	
<i>Cupania americana</i> (L)	
<i>Exothea paniculata</i> (Juss) Radlk	
<i>Matayba apetala</i> (Macf) Radlk.	
<i>Mastichodendrom foetidissimum</i> (Jacq)	Sapotaceae
<i>Chrysophyllum oliviforme</i> (Gomez y Roig)	
<i>Chrysophyllum cainito</i> (L)	
<i>Dipholis salicifolia</i> (L) A.DC.	
<i>Pricramnia pentandra</i> (Sw)	Simarubaceae
<i>Simaruba laevis</i> (Griseb)	
<i>Cytharexylum fruticosum</i> var. <i>fruticosum</i> (Lin)	Verbenaceae
<i>Cytharexylum spinosum</i> (L)	
<i>Cytharexylum caudatum</i> (L)	
<i>Stachytarpheta angustifolia</i> (Mill)	
<i>Jacquinia aculeata</i> (L) Mez	Tehophrastaceae



NOTA TÉCNICA

## Flora leñosa de importancia para abejas nativas en el Departamento Figueroa, Santiago del Estero

*Woody flora of importance for native bees in Figueroa Department, Santiago del Estero*

Palacio, M. O.<sup>1</sup>

Recibido en abril de 2020; aceptado en noviembre de 2021

### RESUMEN

Los bosques nativos contribuyen al desarrollo de las colonias de las abejas sin aguijón no solo por las recompensas florales ofrecidas, sino también por brindar sustratos para la nidificación. El objetivo fue relevar las especies leñosas nativas de la flora local que intervienen en la vida de las colonias de abejas sin aguijón y el tipo de participación. En bosques nativos del Departamento Figueroa, Santiago del Estero, se localizaron nidos de abejas sin aguijón y la presencia de abejas pecoreadoras en fenofase de floración para determinar el tipo de recompensa ofrecida por las plantas (néctar, polen o resinas). Se recolectó material vegetal que fue herborizado, determinado y depositado en el Herbario del Jardín Botánico “Ing. Ftal. Lucas D. Roic”. Se catalogaron 48 especies leñosas (árboles, arbustos, subarbustos, cactáceas y lianas) que ofrecen algún tipo de recompensa, las que están comprendidas en 16 familias y 38 géneros de Angiospermas. El 44 % de las especies ofrece como recompensa néctar y polen. La información aportada representa un aporte novedoso en la temática para la provincia, y se espera pueda ser empleada en el desarrollo de acciones de promoción y capacitación sobre la cría de abejas nativas.

**Palabras clave:** flora santiagueña, meliponas, recompensas florales, abejas sin aguijón.

### ABSTRACT

Forests are the habitat for native bees and contribute to the development of their colonies by offering not only floral rewards but also substrate for nesting. The objective the paper was to know the native woody species of the local flora that intervene in the life of the stingless bees and the type of participation. In the native forests of the Figueroa Department, Santiago del Estero, stingless bees' nests and of pecoreadoras in the phenophase of their flowering process were located to determine the type of reward that the plants offer (i.e., nectar, pollen or resins). Plant material was collected herbarized, determined and stored in the Herbarium of the “Ing. Ftal. Lucas D. Roic” Botanical Garden. Forty-eight woody species (trees, shrubs, sub-shrubs, cacti, and lianas) that belong to 16 families and 38 genera of Angiosperms and that offer some kind of reward were cataloged: 40 % of the species offer nectar and pollen as a reward. The information provided in this paper represents a novel contribution in the subject for the province, and it is expected that it can be used in the development of promotional and training actions on the breeding of native bees.

**Key words:** flora of Santiago del Estero, meliponas, floral rewards, stingless bees

<sup>1</sup> Catedra de Botánica Forestal, Jardín Botánico “Ing. Lucas D. Roic”, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912, (4200) Santiago del Estero, Argentina. E-mail: mpalacio@unse.edu.ar.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques son esenciales para el bienestar humano, puesto que son proveedores de bienes diversos, entre ellos los productos forestales no maderables y otros importantes servicios ecosistémicos. Sirven, también, para el sustento de otras especies que encuentran en ellos el hábitat indispensable para su desarrollo y permanencia, estableciendo con el bosque un equilibrio *clímax*, que, de romperse, puede afectar sensiblemente la presencia de estas especies a futuro.

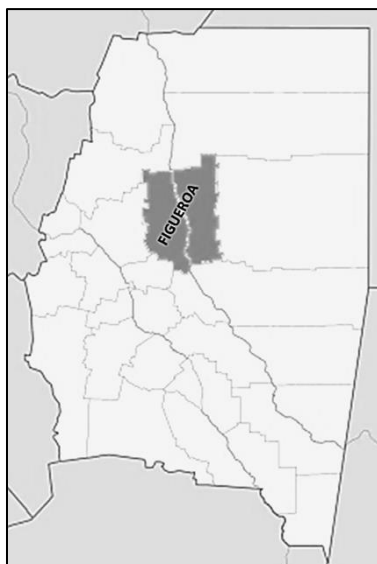
Las abejas nativas sin aguijón son insectos sociales cuya mayor diversidad se encuentra en los trópicos (Crane, 1994), aunque su distribución austral llega al centro y norte de la Argentina (Michener, 2000; Roig Alsina, 2010; Roig Alsina *et al.*, 2013; Álvarez & Abramovich 2013; Álvarez, 2016; Zamudio & Álvarez 2016). Originalmente, y como componentes naturales de los ecosistemas boscosos, han establecido vínculos con las especies vegetales no solo en cuanto a la obtención las recompensas florales (polen, néctar, resinas) necesarias para la subsistencia y desarrollo de sus colonias, sino también en la provisión de sustratos para la nidificación, ya que aprovechan para tal fin huecos y cavidades disponibles en troncos de árboles. De carácter generalistas (obtienen su alimento de una gran diversidad de familias botánicas) son consideradas eficientes polinizadores de gran parte de las plantas nativas y otras cultivadas, cuyas flores visitan en busca de néctar y polen para aprovisionar sus nidos (Flores *et al.* 2010, 2011, 2014, 2015; Vossler, 2012).

En Santiago de Estero, diversos trabajos señalan la presencia de estas abejas nativas sin aguijón, si bien son pocas las fuentes que indican los tipos de recompensas florales ofrecidas por las plantas del bosque. Diodato *et al.* (2008) señalan que entre las abejas nativas productoras de miel identificaron a *Trigona* sp y *Scaptotrigona* sp. las que, además de contribuir en la polinización, pueden ser criados para la obtención de miel y cera. Bernasconi (2010) refiere la presencia de *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona jujuyensis* y *Plabeia* sp., las que son conocidas por pobladores con los nombres de “mestizo o jatei”, “yana o peluquera” y “tiosimi”, respectivamente, además de presentar un listado de especies vegetales presentes en áreas donde éstas habitan. Por su parte Chianetta *et al.* (2018) advierten que en bosques santiagueños están presentes, además, *Melipona orbigny*, *Geotrigona argentina* y *Lestrimelitta* sp.

El objetivo de este trabajo es proporcionar información sobre especies leñosas nativas del bosque chaqueño semiárido que están vinculadas en el desarrollo de colonias de abejas nativas productoras de miel, ya sea por el tipo de recompensa floral ofrecida o por ser sustrato de nidificación.

## 2. METODOLOGÍA

El área de estudio de este trabajo abarca los bosques nativos del Departamento Figueroa, Santiago del Estero, localizado en el centro de la provincia, con una superficie de 6.695 km<sup>2</sup> y atravesado diagonalmente por el río Salado (Figura 1). Se caracteriza por un clima semiárido moderado subcálido, cuyas temperaturas medias anuales nunca son inferiores a 21° y casi siempre con variación diurna y estacional pronunciada. Este departamento presenta un relieve predominantemente llano, con una importante variación de ambientes, desde vinalares en los márgenes del río Salado, bosques en zonas más elevadas, grandes extensiones de esteros y bañados, hasta salitrales (Basualdo 1981). En el contexto provincial, Figueroa es uno de los departamentos con menor transformación de sus áreas boscosas, ya que aproximadamente el 53% de la superficie departamental está aún cubierta por bosques (Global Forest Watch 2020).



**Figura 1.** Ubicación del departamento Figueroa, Santiago del Estero

Para el relevamiento de la vegetación se efectuaron recorridos a campo en las diferentes estaciones del año, registrándose la vegetación leñosa en parcelas circulares de 78 m<sup>2</sup> (Thren y Zerda, 1994), para obtener datos sobre presencia, hábito y fenofase de floración. Se colectó y herborizó material vegetal siguiendo técnicas usuales (Katinas, 2001; Marzocca, 1985), el cual una vez determinado se depositó en el Herbario del Jardín Botánico “Ing. Lucas D. Roic” de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Santiago del Estero (FCF-UNSE).

Mediante la consulta a informantes claves se procedió a la localización de los nidos de las abejas nativas, además de tener en cuenta la actividad de vuelo de las abejas recolectoras en el terreno. En áreas circundantes a los nidos, se registró la presencia de pecoreadoras en las especies en floración, y el tipo de recompensa ofrecido por las plantas (néctar, polen o resinas), para lo cual se observó el comportamiento de pecoreo de los insectos, como por ejemplo la libación del néctar de los nectarios, la presencia de resinas o polen en las corbículas, entre otras. Las abejas se colectaron siguiendo los métodos recomendados para este fin (Diodato *et al.* 2008) a efectos de corroborar su identidad científica. Para la identificación de las especies se recurrió a la consulta bibliográfica (Chianetta *et al.*, 2018; Zamudio y Álvarez, 2016), además de la consulta a especialistas. Los informantes clave también fueron consultados sobre los nombres locales de las abejas sin agujón y sus características distintivas, e indicaron, además, las plantas que ellos reconocían por sus aportes para el desarrollo de las colonias de estas abejas.

Para el tratamiento taxonómico de las especies vegetales se siguió el Sistema APG (Angiosperm Phylogenic Website, 2016) y en la asignación de los nombres científicos actuales se tuvo en cuenta la base de datos botánicos The Plant List (2020) y Flora Argentina (2020). Para la atribución del origen geográfico de las plantas relevadas se tomó de referencia las bases de datos *on-line* Flora del Cono Sur (IBODA, 2020) y Flora Argentina (2020).

### 3. RESULTADOS

Se catalogaron 48 especies leñosas (árboles, arbustos, subarbustos, trepadoras y cactáceas arborescentes y arbustivas) que son visitadas por las abejas nativas en busca de algún tipo de recompensa floral, las que están comprendidas en 16 familias y 38 géneros de Angiospermas. La familia mejor representada es Fabaceae (13 especies), seguida de Cactaceae (8), Asteraceae (6),

Anacardiaceae y Apocynaceae, estas dos últimas con 4 representantes cada una. Estas 5 familias representan el 73 % del total de las especies relevadas. En la Tabla 1 se listan las especies ordenadas por familias botánicas, indicando para cada una, nombre científico, hábito, tipo de recompensa que ofrecen y época de floración.

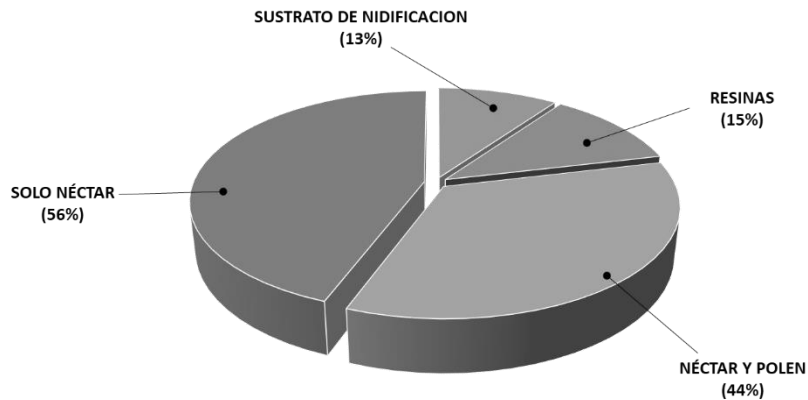
**Tabla 1.** Especies leñosas de la flora del Departamento Figueroa, Santiago del Estero, que aportan recursos para el desarrollo de las colonias de abejas sin aguijón

Familia	Especies Nombre científico	Hábito	Aporte				Flor	Status
			Ne	Po	Re	Ni		
Anacardiaceae	<i>Schinopsis lorentzii</i>	ARBO	X	X	X	X	V	NAT
	<i>Schinus areira</i>	ARBO	X	X			P	INT
	<i>Schinus bumelioides</i>	ARBU	X	X	X		I-P	NAT
	<i>Schinus fasciculata</i>	ARBU	X	X	X		P	NAT
Apocynaceae	<i>Araujia odorata</i>	TREP	X				P-V	NAT
	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	ARBO	X			X	P-V	NAT
	<i>Fimastrium gracile</i>	TREP	X				V	NAT
	<i>Vallesia glabra</i>	ARBU	X				P-V	NAT
Asteraceae	<i>Cyclolepis genistoides</i>	ARBU	X	X			V	NAT
	<i>Mikania cordifolia</i>	TREP	X	X			V	NAT
	<i>Mikania guaranitica</i>	TREP	X	X			V	NAT
	<i>Senecio pinnatus</i>	SUBA	X	X	X		V	NAT
	<i>Tessaria dodoneifolia</i>	ARBU	X	X			V	NAT
	<i>Tessaria integrifolia</i> var. <i>ambigua</i>	ARBU	X	X			V	NAT
Cactaceae	<i>Cereus validus</i>	ARBU	X	X			P-V	NAT
	<i>Opuntia ficus-indica</i>	ARBU	X	X			P-V	INT
	<i>Opuntia quimilo</i>	ARBU	X	X			P-V	NAT
	<i>Opuntia sulphurea</i> var. <i>pampeana</i>	SUBA	X	X			P-V	NAT
	<i>Pereskia sacharosa</i>	ARBO	X	X			V	NAT
	<i>Setsonia coryne</i>	ARBO	X	X		X	V	NAT
Caparaceae	<i>Capparis atamisquea</i> Kuntze	ARBU	X				P	NAT
Celastraceae	<i>Maytenus vitis-idaea</i> Griseb.	ARBU	X	X			P	NAT
Cannabaceae	<i>Celtis pallida</i>	ARBU	X				P	NAT
	<i>Celtis tala</i>	ARBO	X				P	NAT
Santalaceae	<i>Jodina rhombifolia</i>	ARBO	X	X			I	NAT
Euphorbiaceae	<i>Sapium haematospermum</i>	ARBO	X	X			P	NAT
Fabaceae	<i>Vachellia caven</i>	ARBO	X				P	NAT
	<i>Senegalia gilliesii</i>	ARBU	X				P-V	NAT
	<i>Senegalia praecox</i>	ARBU	X				P	NAT
	<i>Parkinsonia praecox</i>	ARBO	X				P	NAT
	<i>Geoffroea decorticans</i>	ARBO	X	X			P	NAT
	<i>Mimosa detinens</i> Benth.	ARBU	X	X			P	NAT
	<i>Mimozyanthus carinatus</i>	ARBO	X	X			P	NAT
	<i>Prosopis alba</i> var. <i>alba</i>	ARBO	X	X	X	X	P	NAT
	<i>Prosopis kuntzei</i>	ARBO	X				P	NAT
	<i>Prosopis nigra</i> var. <i>nigra</i>	ARBO	X	X	X	X	P	NAT
	<i>Prosopis reptans</i> Benth.	ARBU	X				P	NAT
	<i>Prosopis ruscifolia</i>	ARBO	X	X			P	NAT
	<i>Vacchelia aroma</i>	ARBU	X				P	NAT
Lythraceae	<i>Heimia salicifolia</i>	SUBA	X	X			P	NAT
Rhamnaceae	<i>Condalia microphylla</i> Cav.	ARBU	X				P	NAT
	<i>Zyziphus mistol</i>	ARBO	X	X		X	P	NAT
Sapindaceae	<i>Urvillea chacoensis</i>	TREP	X	X			V	NAT
Verbenaceae	<i>Aloysia gratissima</i>	ARBU	X	X			P-V	NAT
	<i>Aloysia scorodonioides</i>	ARBU	X	X			P-V	NAT
	<i>Lippia turbinata</i> Griseb.	ARBU	X				P	NAT
Ximeniaceae	<i>Ximenia americana</i>	ARBO	X	X			P	NAT
Zygophyllaceae	<i>Larrea divaricata</i> Cav.	ARBU	X	X	X		P-V	NAT

**HABITO:** ARBO: árbol- ARBU: arbusto; SUBA: Subarbusto; TREP: trepadoras leñosas (lianas). **TIPO DE APORTE:** NEC: néctar; POL: polen; RES: resinas; NID: sustrato de nidificación – **FLOR** (Época de floración): P: primavera; V: verano; O: otoño; I: invierno. – **STATUS:** NAT: nativo; INT: introducida

En lo que respecta al aporte de cada especie para el desarrollo de las colonias, el 44 % de las especies ofrece como recompensa simultáneamente néctar y polen y el resto solo néctar (Figura 2), habiéndose registrado a campo el pecoreo de cinco especies de meliponas: *Tetragonisca*

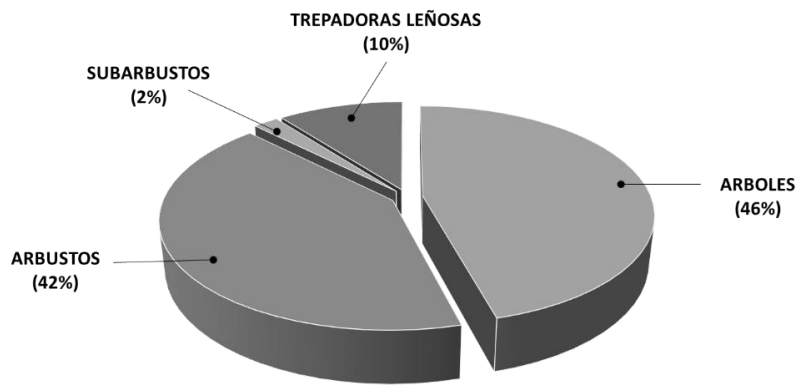
*angustula* (mestizo o jateí), *Scaptotrigona jujuyensis* (yana o peluquera), *Melipona orbignyi* (moro, moro-moro), *Geotrigona argentina* (hashpa miski) y *Plabeia sp.*(tio simi, tiusimi).



**Figura 2.** Tipos de aportes de las plantas

Las resinas son recolectadas de *Larrea divaricata*, *Prosopis alba* var. *alba*, *Prosopis nigra* var. *nigra*, *Schinopsis lorentzii*, *Schinus bumelioides*, *Schinus fasciculata* y *Senecio pinnatus*. Las especies en las que encontraron nidos son *Aspidosperma quebracho blanco*, *Prosopis alba* var. *alba*, *Prosopis nigra* var. *nigra*, *Schinopsis lorentzii*, *Setsonia coryne* y *Zyziphus mistol*

En relación a la forma de vida, las predominantes son los árboles y arbustos respectos a los otros hábitos (Figura 3). Solo dos especies (*Schinus areira* y *Opuntia ficus-indica*) son introducidas y por lo general cultivadas cerca de los domicilios, siendo el resto nativas de la flora santiagueña.



**Figura 3.** Tipos de hábito de leñosas visitadas por abejas sin aguijón

#### 4. CONCLUSIONES

En virtud del número de especies nativas que aportan recursos para el desarrollo de la colonia de abejas nativas sin aguijón se ratifica el valor del bosque nativo para la subsistencia de estos insectos, reconocidos por su importancia ecológica y productiva. La oferta floral de las plantas relevadas está disponible en casi todo el año, reduciéndose significativamente en el invierno, sin que esto represente un problema debido al período de descanso de los insectos. De aquí que serán

fundamentales estrategias tendientes a la revalorización y conservación de los bosques nativos, considerándose la información que se presenta un elemento más que fortalezca estas decisiones.

El catálogo de especies que aportan al sustento de las colonias de abejas nativas representa un aporte novedoso en la temática para el ámbito provincial, considerando la poca información disponible al respecto y bien podría ser empleada en el desarrollo de acciones de promoción y capacitación sobre el desarrollo de la meliponicultura en la provincia.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, L. J. 2016. *Diversidad de las abejas nativas de la tribu Meliponini (Hymenoptera, Apidae) en Argentina*. Tesis de Doctorado en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 288 pp.
- Álvarez, L. J. & A. H. Abrahamovich. 2015. *Revisión taxonómica de las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en la Argentina*. p. 1-2. En: IX Congreso Argentino de Entomología. Posadas, Misiones.
- Basualdo, M. A. 1981. *Rasgos fundamentales de los departamentos de Santiago del Estero*. Municipalidad de la Capital, Santiago del Estero. 205 p
- Bernasconi, M. R. 2010. *Informe y relevamiento de abejas sin aguijón en la provincia de Santiago del Estero, Argentina*. Disponible en: <https://www.biblioteca.org.ar/libros/159004.pdf>.
- Crane, E. 1994. *The importance of stingless bees to man in the past*. Proceeding of the Fifth Conference on apiculture in tropical climates. IBRA. Cardiff.: 259-264.
- Chianetta, P.; G. Cilla; P. Marozzi Mo y A. Guzmán. 2018. *Abejas nativas sin aguijón en el monte santiagueño*. REDAF. Disponible en <https://redaf.org.ar/wp-content/uploads/2020/08/Abejas-Nativas-sin-aguij%C3%B3n-en-el-monte-santiago%C3%B1o.pdf>
- Diodato, L.; A. Fuster; M. Maldonado. 2008. Valor y beneficios de las abejas nativas, (Hymenoptera: Apoidea), en los bosques del Chaco Semiárido, Argentina. *Quebracho* 15: 15-20, Santiago del Estero, Argentina.
- Flores, F. F. & A. C. Sánchez. 2010. Primeros resultados de caracterización botánica de mieles de *Tetragonisca angustula* Latreille (Apidae, Meliponinae) criadas en la localidad Los Naranjos - Orán - Salta. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 45(1-2):81-91.
- Flora Argentina. 2020. *Instituto de Botánica Darwinion, Base de Datos*. Web site. [Fecha de consulta: 22 Apr 2020]. Disponible en: <http://www.floraargentina.edu.ar/>
- Flores, F. F.; F. A. Fabbio; F. Zamudio; N. I. Hilgert & L. C. Lupo. 2011. Caracterización Botánica de mieles de *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponini) empleadas por comunidades locales en Misiones, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 46(Supl.):254-255.
- Flores, F. F.; F. Fabbio; F. Zamudio; L. C. Lupo & N. I. Hilgert. 2014. *Especies de importancia polinífera para las colmenas de Tetragonisca angustula en el norte de Misiones*. p. 113. En: Palacio, M. A. (Coord.). Libro de resúmenes XI Congreso Latinoamericano de Apicultura 2014 FILAPI. Puerto Iguazú, Misiones.
- Flores F. F.; L. C. Lupo & N. I. Hilgert. 2015. Recursos tróficos utilizados por *Plebeia intermedia* (Apidae, Meliponini) en la localidad de Baritú, Salta, Argentina. Caracterización botánica de sus mieles. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 50 (4):515-529.
- Global Forest Watch. 2020. Disponible en: <https://www.globalforestwatch.org/>. Fecha de consulta: diciembre de 2020.
- Instituto de Botánica Darwinion (IBODA). 2020. *Catálogo de Plantas Vasculares de Flora del Cono Sur*. Instituto de Botánica Darwinion. [Fecha de consulta: 20 Apr 2020]. Disponible en: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>
- Katinas, L. 2001. El Herbario: significado, valor y uso. *Probiota*, Serie Didáctica N° 1
- Marzocca, A. 1985. *Nociones básicas de Taxonomía Vegetal*. Ed. 1. IICA. San José, Costa Rica.

- Michener, C. D. 2000. *The Bees of the World*. Johns Hopkins University Press, 913 páginas.
- Roig Alsina, A. 2010. Notas sistemáticas sobre abejas Meliponini del Chaco (Hymenoptera, Apidae). *Revista del Museo Argentina de Ciencias Naturales* 12: 99-106.
- Roig Alsina, A.; F. G. Vosslerand and G. P. Gennari. 2013. Stingless bees in Argentina *In: Vit, P. Pot honey: a legacy of stingless bees*. New York Heidelberg Dordrecht London; p. 125-134
- The Angiosperm Phylogeny Group; M. W. Chase; M. J. M. Christenhusz; M. F. Fay; J. W. Byng, W. S. Judd; D. E. Soltis; D. J. Mabberley;;A. N. Sennikov; *et al.* 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181 (1):1-20
- The Plant List. 2020. *The Plant List Version 1.1*. Web site. [Fecha de consulta: 24 Apr 2020] <http://www.theplantlist.org>
- Thren, M. y R. Zerda. 1994. *Inventario Forestal de la Provincia de Santiago del Estero, Dptos. Copo y Alberdi*. Santiago del Estero. CFI, UNSE, GTZ, Facultad de Ciencias Forestales, Asoc. Coop. Fasc. 120 pp.
- Vossler, F. G. 2012. *Estudio palinológico de las reservas alimentarias (miel y masas de polen) de “abejas nativas sin aguijón” (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): un aporte al conocimiento de la interacción abeja-planta en el Chaco Seco de Argentina*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata
- Zamudio, F. y L. J. Álvarez. 2016. *Abejas sin aguijón en Misiones: una guía etnotaxonomica para su identificación en el campo*. Editorial de la UNC. Córdoba, Argentina. 218 p.



TRABAJO CIENTÍFICO

# Modelo de gestión de la sanidad forestal para bosques implantados en Patagonia. Una propuesta para la provincia de Chubut

*Forest health management model for afforestations in Patagonia.  
A proposal for the province of Chubut*

Olivo Mainetti, V.<sup>1,2</sup>; C. Gomez<sup>1</sup> y F. Carabelli<sup>1</sup>

Recibido en abril de 2021; aceptado en septiembre de 2021

## RESUMEN

El desarrollo de la actividad foresto industrial en Argentina durante los últimos cuarenta años se basó en la implantación de especies maderables de rápido crecimiento, esencialmente de los géneros *Pinus*, *Eucalyptus*, *Salix* y *Populus*. En la región andino-patagónica, la sanidad de las plantaciones de *Pinus* está afectada esencialmente por *Sirex noctilio* (avispa barrenadora de los pinos), responsable de importantes pérdidas económicas. La Secretaría de Bosques de Chubut implementó una estrategia de manejo de esta plaga durante más de diez años, pero muchos de los aspectos de relevancia para la sanidad de los cultivos forestales continúan sin ser abordados. Este trabajo tuvo como objetivo proponer directrices para diseñar un sistema de gestión de los bosques cultivados mediante un enfoque integrado de todas las problemáticas sanitarias, para afrontarlas durante el ciclo productivo. El diseño metodológico tuvo en cuenta una caracterización diagnóstica, para definir luego los requerimientos que debería satisfacer un sistema moderno y eficiente de gestión sanitaria forestal (GSF). Una matriz FODA antecedió a la identificación y selección de los componentes que ofrecen sistemas exitosos de GSF en otros países. Como parte de los resultados, se puso de manifiesto que es necesario generar mecanismos que promuevan la articulación entre disciplinas, instituciones y jurisdicciones. En los aspectos técnicos, se planteó recuperar y jerarquizar la División de Sanidad Forestal y disponer del conocimiento adecuado sobre la biología y ecología de las especies plaga. Asimismo, se destacó que se debe dotar a la organización con recursos económicos y financieros, infraestructura y equipamiento adecuados.

**Palabras clave:** manejo forestal, sanidad forestal, plantaciones, planificación estratégica.

## ABSTRACT

The development of the industrial forestry activity in Argentina during the last forty years was based on the implantation of fast-growing timber species, essentially of the *Pinus*, *Eucalyptus*, *Salix* and *Populus* genera. In the Andean-Patagonian region, the health of *Pinus* plantations is essentially affected by the presence of the *Sirex noctilio*, which causes significant economic losses. The Chubut Forest Secretariate implemented a management strategy for this pest for more than ten years, but many of the relevant aspects for the health of afforestation remain unaddressed. This work proposed a reference framework for the strategic planning for forest health management (FHM) through a comprehensive approach of the sanitary problems to face them during the productive cycle. The methodological design considered a diagnostic characterization to define then the requirements that a modern and efficient FHM system should satisfy. A SWOT matrix preceded the identification and selection of the components offered by successful FHM in other countries. The results showed that it is necessary to generate mechanisms promoting greater articulation between disciplines, institutions, and jurisdictions. In technical aspects, it was proposed to recover and prioritize the Forest Health Division and obtain adequate knowledge on the biology and ecology of pest species. It was also stated that the organization must be provided with economic and financial resources, adequate infrastructure and equipment.

**Key words:** forest management, forest health, afforestation, strategic planning

<sup>1</sup> Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Facultad de Ingeniería, Centro de Estudios Ambientales Integrados (CEAI) Esquel, Argentina. Ruta Nacional 259, Km 16,4, Esquel, Argentina. E-mail: ceciligomez@gmail.com

<sup>2</sup> Secretaría de Bosques de Chubut, Esquel, Argentina.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la República Argentina, la actividad forestoindustrial comenzó su desarrollo con el establecimiento de plantaciones con especies de rápido crecimiento (pinos, eucaliptos, álamos y sauces), bajo un modelo de plantaciones densas (densidad inicial 2 m x 2 m, 2.500 plantas/ha) manejadas para obtener madera para la producción de celulosa (Bava *et al.*, 2015). Como consecuencia de ello en todo el país se originaron cuencas forestales que en la actualidad cubren una superficie de 1.300.000 ha y cuyo objeto fundamental es el abastecimiento de madera (Subsecretaría de Desarrollo Forestoindustrial, Ministerio de Agroindustria en Aguerre *et al.*, 2019). De este total, el 80 % se concentra en las provincias del noreste argentino (NEA), mientras que en la región patagónica se halla un área que abarca 109.000 ha, de las cuales 33.000 ha, se hallan en la provincia de Chubut (Ministerio de Agroindustria, 2017) ocupadas por coníferas exóticas tales como pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws) y pino oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), además de superficies menores de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) y pino murrayana (*Pinus contorta* var. *murrayana* Dougl.).

En esta región, el objetivo inicial de las primeras forestaciones fue el de promover el desarrollo económico a partir de la creación de fuentes de materia prima de uso industrial, a semejanza de lo que ocurría en otras partes del mundo -Nueva Zelanda, Chile, Sudáfrica, sur de Brasil y en el litoral de nuestro país- con las plantaciones de pinos o eucaliptos (Bava *et al.* op. cit.). Con el transcurso de los años se reveló que este modelo no era el adecuado para la Patagonia dadas sus condiciones geográficas, ambientales y económicas -grandes distancias entre plantaciones, bajo crecimiento, poca infraestructura- por lo que no se instalaron industrias de síntesis y las plantaciones no fueron adecuadamente manejadas (Bava *et al.* op. cit.). Por otro lado, si bien el régimen actual de fomento e incentivo de las forestaciones -tanto a nivel nacional como provincial-, promueve el incremento de la superficie forestada en la zona, el mismo no responde a un proceso de planificación estratégico organizado y consensuado que permita gestionar adecuadamente el recurso, minimizando el riesgo del patrimonio. En consecuencia, existen monocultivos del género *Pinus* cuyo manejo silvícola es dependiente, en gran medida, de los escasos subsidios para poda y raleo otorgados por el Estado. Ello ocasiona deficiencias en el manejo -básicamente falta de podas y raleos en el momento adecuado- que disminuyen la productividad y el valor comercial de la madera a explotar en la corta final, además de favorecer la ocurrencia de incendios (Bava *et al.* op. cit.) y la aparición de plagas -en sentido amplio- ante la oferta de un recurso predecible y persistente a lo largo del tiempo hasta tanto ocurra su corta final (Lanfranco, 2010; Gara, 2010). Esta situación generalmente se ve agravada por la carencia de enemigos naturales de los agentes de daño introducidos.

Un hecho relevante, que podría considerarse como el inicio de la institucionalidad de la sanidad forestal en la República Argentina, es la creación del Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (IASCAV) en el año 1991-creado por Decreto del Poder Ejecutivo N° 2266-, que asume de modo parcial funciones que eran propias del Instituto Forestal Nacional (IFONA), el cual fue desguazado en el mismo año. En 1993 el IASCAV (Resol. IASCAV N°258/93) declara a *Sirex noctilio* F. como Plaga Forestal Nacional de control obligatorio, constituyéndose así en la primera plaga forestal oficial en nuestro país

Esta institucionalidad se afianza con la creación del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) en el año 1996, que absorbe al IASCAV y se constituye en el organismo nacional de protección fitosanitaria encargado de velar por la sanidad vegetal en nuestro país.

En la provincia de Chubut, un primer paso hacia la institucionalidad de la sanidad forestal resultó del marco regulatorio que en el año 2004 reglamentó el "Programa de Monitoreo y Control de la Avispa Barrenadora de los Pinos *Sirex noctilio*" (PMYC) mediante la Ley XVII N° 75. Con el respaldo de esta base jurídica, y gracias a la consolidación de equipos técnicos y operativos, a partir del año 2009 -año en que se crea la División de Sanidad Forestal, dependiente de la Dirección de Protección Forestal en el ámbito de la entonces Dirección General de Bosques y

Parques (actualmente Secretaría de Bosques)- y durante casi una década -hasta el año 2017; luego esta División dejó de ser operativa-, pudieron aplicarse estrategias de manejo para afrontar una situación emergente ocasionada por dicha plaga. A ello se suma que otros aspectos de relevancia para la sanidad de los cultivos forestales continúan sin ser abordados, entre ellos la atención al impacto de la especie *Pissodes castaneus* De Geer que fue detectada en el año 2005 (Gómez *et al.*, 2013). Lo expuesto pone en evidencia que la provincia carece de un sistema de gestión de la sanidad forestal que pueda consolidarse en el tiempo y que al mismo tiempo sea capaz de considerar, mediante un enfoque integrado, el conjunto de problemáticas de índole sanitaria que están presentes en las plantaciones, para afrontarlas durante todo el ciclo productivo. Debido a ello, un marco referencial para la definición conceptual de criterios comunes para diseñar un sistema de gestión de la sanidad forestal facilitaría la toma de decisiones en los ámbitos de gestión (Alfaro, 2010) y además posibilitaría la implementación de las medidas necesarias para el manejo de las plagas forestales.

En la construcción de este marco de referencia es necesario tomar en consideración la experiencia y los avances en materia sanitaria que hay en nuestro país, así como en países vecinos y en otros a los cuales se les presta la atención debida a la gestión de la sanidad forestal. Con este enfoque, el objetivo del trabajo que se presenta es identificar y proponer un conjunto de directrices que hagan factible diseñar un sistema de gestión sanitaria forestal de los bosques implantados en el territorio de la provincia de Chubut.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se propuso un marco referencial de planificación estratégica para la gestión sanitaria forestal (GSF), teniendo en consideración la experiencia y los avances en materia sanitaria que hay en nuestro país, así como en países vecinos y en otros a los cuales se les presta la atención debida a la gestión de la sanidad forestal. El diseño metodológico tuvo en cuenta una caracterización diagnóstica, a partir de la cual se definieron los requerimientos que debería satisfacer un sistema moderno y eficiente de GSF. Una matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) antecedió a la identificación y selección de componentes que ofrecen sistemas exitosos de GSF en otros países. En la última etapa, se diseñaron las directrices para la GSF en la provincia basadas en los componentes.

### Análisis FODA

El desarrollo metodológico tuvo en cuenta cuatro etapas, siendo la primera de ellas la detección de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas tomando en consideración los requerimientos que debería satisfacer un sistema exitoso de gestión sanitaria forestal. El contenido de la matriz FODA se basó en un diagnóstico situacional, elaborado con la información disponible sobre la normativa de promoción de la actividad forestal y la vinculada específicamente a la sanidad, y todas las reglamentaciones existentes sobre los recursos forestales del ámbito nacional, así como en particular de las provincias de Misiones (Noreste Argentino), Córdoba (en el centro del territorio nacional) y las patagónicas de Neuquén, Río Negro y Chubut. Como parte de este diagnóstico se reconocieron las particularidades que debe contener en su concepción un sistema de gestión sanitaria forestal, y se analizó la legislación, la infraestructura territorial, los recursos tanto materiales como humanos y financieros, así como las carencias y limitaciones que pudieron detectarse cuando se efectuó el análisis de estos aspectos. Luego, se determinaron las potencialidades, los riesgos, los desafíos y limitaciones que permitieron delinear estrategias que debería adoptar un modelo de gestión de la sanidad forestal.

### **Encuesta sobre los requerimientos de un sistema de gestión sanitaria forestal**

La necesidad de contar con información de los actores que se desempeñan en diferentes ámbitos y estructuras de gestión condujo al diseño de un trabajo de campo para el que se elaboró una encuesta de tipo estructurado (Buendía Eisman *et al.*, 1998). Su finalidad fue identificar y seleccionar los potenciales componentes que podrían adecuarse a un sistema de gestión sanitaria forestal en la Secretaría de Bosques de la provincia de Chubut. La identificación de las personas a encuestar tuvo en cuenta la experticia y el rol de los diferentes especialistas en el ámbito de la gestión sanitaria forestal, tanto de Argentina como de otros países.

### **Análisis de material de gestión de sistemas sanitarios forestales en otros países y en Argentina**

La siguiente etapa consistió en la obtención y análisis de información en referencia a sistemas, planes y/o programas que forman parte de la gestión sanitaria forestal en Argentina y en otros países. Con el fin de detectar los dispositivos<sup>3</sup> que, teniendo en cuenta requerimientos legales, de recursos, ambientales y decisionales, hubieran previsto los ámbitos específicos de gestión sanitaria forestal en distintos países y provincias argentinas, se efectuó un análisis de información bibliográfica a la que se accedió de dos maneras: por un lado se tuvo en cuenta aquella facilitada y sugerida por las personas que participaron en la encuesta de requerimientos de un sistema de gestión sanitaria forestal, y por otro se realizó una extensiva búsqueda y selección de los recursos disponibles en internet, tanto de páginas oficiales de organismos e instituciones gubernamentales como de documentos generales procedentes por ejemplo de FAO, entre otros organismos. Sobre este particular se consideró información de Estados Unidos, Canadá, España, Uruguay, Chile, y la información analizada de Argentina y de las provincias seleccionadas. De cada país se tomaron en consideración para su análisis los siguientes aspectos: el nivel organizacional dentro de la estructura de gestión, los sistemas, planes o programas afines a la sanidad forestal y aquellos elementos que caracterizan los diferentes niveles de planificación y de estrategias fitosanitarias.

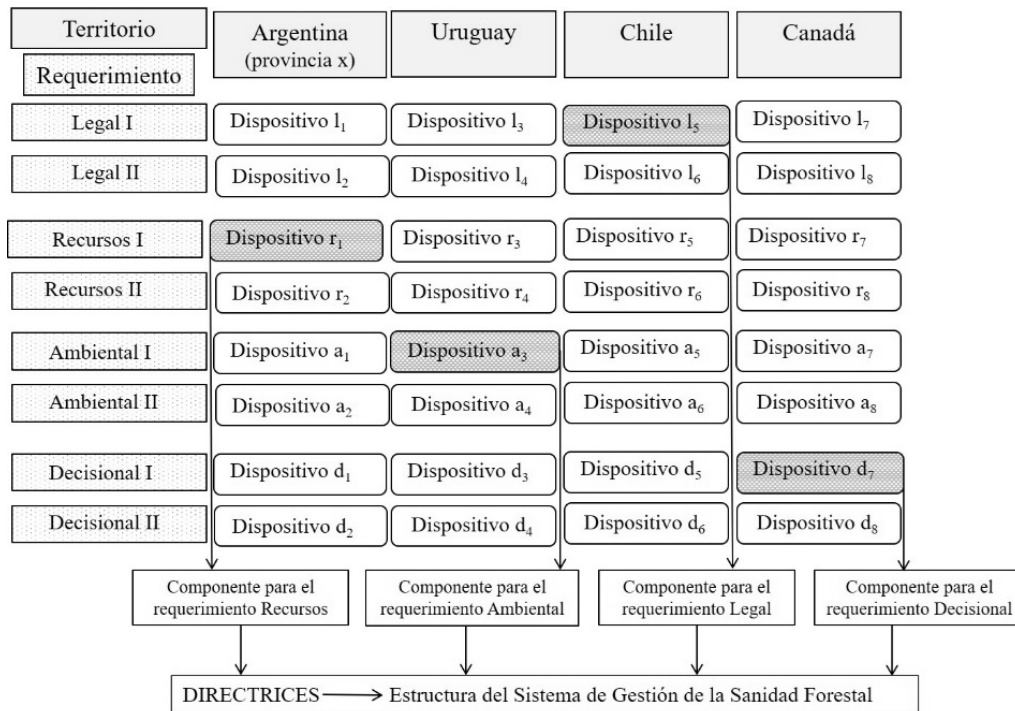
### **Elaboración de la propuesta de directrices para un sistema de gestión sanitaria forestal provincial**

Como parte de la cuarta y última etapa metodológica para elaborar la propuesta del modelo de gestión propiamente dicho, se diseñó una matriz de triple entrada (Figura 1), que posibilitó, a partir del enunciado de los *requerimientos* de tipo legal, de recursos, ambientales y decisionales, seleccionar el *dispositivo* que mejor podría adaptarse a la situación de la provincia de Chubut, entre aquellos que se fueron identificando en la etapa metodológica precedente, tanto de Argentina como de otros países, para configurar los *componentes* de un esquema de *directrices*<sup>4</sup> que constituyan la base del sistema de gestión sanitaria forestal más plausible para las condiciones imperantes en el contexto provincial.

---

<sup>3</sup> Un **dispositivo** puede ser una pieza o conjunto de piezas o elementos preparados para realizar una función determinada y que generalmente forman parte de un conjunto más complejo, o bien un conjunto organizado de personas encaminado al logro de un fin.

<sup>4</sup> Una **directriz** es una norma o conjunto de normas e instrucciones que se establecen o se tienen en cuenta al proyectar una acción o un plan o para la ejecución de alguna cosa.



**Figura 1.** Representación del diseño de la matriz para la construcción de las directrices empleando los elementos de las distintas etapas metodológicas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis FODA

Se presentan los resultados de la matriz FODA, ejemplificada para los Aspectos Técnicos que fueron considerados en el análisis (Tabla 1). Se describen las potencialidades, los riesgos, los desafíos y limitaciones que fueron determinados y la estrategia resultante que debería adoptar un modelo de gestión de la sanidad forestal enunciada para este aspecto.

**Tabla 1.** Análisis FODA ejemplificado para los aspectos técnicos.

<b>Aspectos técnicos</b>	<b>Análisis Externo</b>	
<i>Análisis Interno</i>	<i>Oportunidades</i>	<i>Amenazas</i>
	<p>El Programa Nacional de Sanidad Forestal instrumentado por Senasa, incluye desde el año 2014 el Plan Piloto de Monitoreo de <i>S. noctilio</i>, con el fin de planificar las acciones de manejo necesarias para minimizar los daños que el insecto ocasiona en las plantaciones de pino.</p> <p>El Programa Nacional de Sanidad Forestal prioriza el Manejo integrado de plagas.</p> <p>El Sistema Regional de Sanidad Forestal en los países del cono Sur y Bolivia, establece los lineamientos para las estrategias sanitarias a implementar en los países que lo integran.</p>	<p>Las invasiones biológicas son uno de los problemas ambientales más serios con los que se confronta en la actualidad. Los limitados alcances en términos de eficiencia de control de las poblaciones son, en parte, consecuencia de acciones diseñadas e implementadas con una escasa contemplación de los atributos ecológicos y comportamentales de las especies plaga.</p>
<i>Fortalezas</i>	<p><b>POTENCIALIDADES</b> (Oportunidades aprovechables para las Fortalezas)</p> <p>La base de las acciones llevadas adelante para afrontar los problemas sanitarios ocasionados por la plaga <i>S. noctilio</i> en plantaciones de pino, posibilitan fortalecer y estructurar la División de Sanidad Forestal.</p> <p>Para ello es necesaria la sinergia entre el Plan Piloto de Monitoreo de Escala Nacional y el Programa de Monitoreo y Control del ámbito provincial. El convenio entre Senasa (Regional Patagonia Sur) y la SB de Chubut posibilitarían la integración y el fortalecimiento.</p>	<p><b>RIESGOS</b> (Amenazas contrarrestadas por las Fortalezas)</p> <p>Las acciones implementadas desde la División de Sanidad Forestal en el marco del Programa de Monitoreo y Control de la Avispa Barrenadora de los Pinos, entre ellas la instalación de una red de parcelas de monitoreo en plantaciones en las que se ha identificado la presencia de esta especie plaga para hacer seguimiento del daño que ocasiona la avispa anualmente, el control biológico con nematodos y la evaluación de los resultados de dicho control así como la realización de raleos sanitarios, son parte fundamental de una estrategia para combatir la incidencia de la invasión biológica que representa <i>S. noctilio</i>.</p>
<i>Debilidades</i>	<p><b>DESAFÍOS</b> (Oportunidades que se aprovecharán si se superan las Debilidades)</p> <p>Ampliar el ámbito de acción y reestructurar el área técnica de la División de Sanidad Forestal de la SB de la provincia, posibilitará incluir la diversidad de los ambientes forestales en las estrategias de protección más conveniente para cada situación, a la vez que favorecerá la indispensable visibilidad para acceder al Plan Piloto de Monitoreo que instrumenta Senasa en distintas provincias de Argentina.</p>	<p><b>LIMITACIONES</b> (Amenazas que no se podrán contrarrestar mientras no se superen las Debilidades)</p> <p>La desarticulación del área específica en sanidad forestal en el ámbito de la SB restringe severamente la factibilidad de instrumentar medidas de atenuación del impacto de especies plaga sobre los recursos forestales en el territorio provincial.</p>
<p><i>Estrategia:</i> Jerarquizar el área técnica específica sosteniendo las medidas actuales y ampliando las actuaciones a otras plagas y territorios forestales.</p>		

Como puede observarse en la Tabla 1, el resultado final fue el hallazgo de una estrategia que sintetizó toda la laboriosa tarea que representó construir cada potencialidad, riesgo, desafío y limitación a partir de interrelacionar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Esta tarea se efectuó no sólo para los aspectos técnicos sino también para los legales, de recursos humanos, económico-financieros y de infraestructura, lo que permitió gestar un conjunto más amplio de estrategias (Tabla 2).

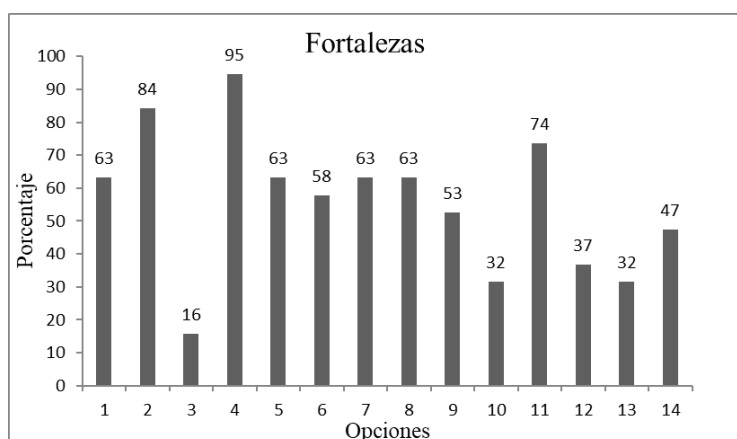
**Tabla 2.** Detalle de las estrategias derivadas del análisis FODA.

<b>Aspecto</b>	<b>Estrategia</b>
Legal	Ampliar e integrar los instrumentos normativos. Generar los mecanismos para una mayor articulación entre disciplinas, instituciones y jurisdicciones.
Técnico	Jerarquizar el área técnica específica, sosteniendo las medidas actuales y ampliando las actuaciones a otras plagas y territorios forestales.
Recursos humanos	Reorganizar y fortalecer la dotación de personal afectado a la sanidad forestal. Capacitar al personal, ampliar y actualizar los conocimientos en materia sanitaria forestal.
Recursos de infraestructura	Restablecer y jerarquizar para su funcionalidad el área técnica específica, asignando infraestructura, equipamiento y movilidad para el desarrollo de las actividades.
Recursos económico-financieros	Promover la creación de las capacidades requeridas para llevar adelante la gestión de recursos económicos y financieros y ser eficientes en su consecución.

### **Requerimientos de un sistema de gestión sanitaria forestal según la mirada de especialistas nacionales e internacionales**

La encuesta fue respondida por diecinueve especialistas de los cuales 7 eran de Argentina, 5 de Chile, 3 de Uruguay, 2 de Canadá, 1 de España y 1 de Sudáfrica, quienes además ampliaron su colaboración con aportes que excedieron la mera selección de opciones que se desplegaban para cada pregunta. El variado espectro de funciones y ámbitos de desempeño reafirmó el valor de este instrumento, pues muchas de las observaciones y contribuciones, provenientes de especialistas con marcos experienciales, formaciones profesionales y organismos de pertenencia tan disímiles como enriquecedores, fueron de gran ayuda para diseñar los dispositivos, y a partir de ellos los componentes, para los distintos requerimientos -legales, de recursos, ambientales y decisionales-

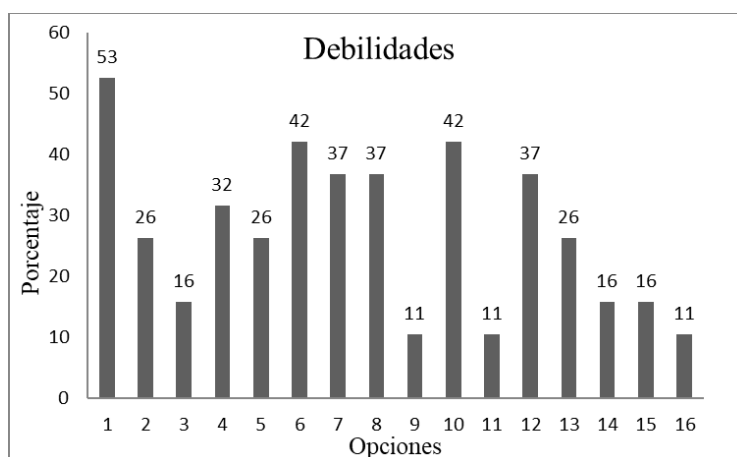
Uno de los aspectos que se abordaron en la encuesta fue el de las **fortalezas** con las que efectivamente cuenta el sistema de gestión sanitaria forestal en el ámbito de desempeño del encuestado. Los aspectos clave que destacaron como más relevantes fueron, por un lado, los relacionados con las especies plaga en lo referido al conocimiento de la bioecología y la actualización regular de esta información y, por el otro, los relacionados con la calificación adecuada de los recursos humanos que se desempeñan en las diversas tareas (Figura 2).



**Figura 2.** Niveles de respuesta a las fortalezas de la organización, expresados en porcentaje.

**Detalle de las opciones.** 1: La organización cuenta con los recursos financieros y económicos adecuados para la Gestión Sanitaria Forestal, 2: La organización cuenta con los recursos humanos con la calificación adecuada para cada tarea, 3: La organización cuenta con la infraestructura y equipos necesarios para el éxito de la GSF, 4: La organización dispone del conocimiento adecuado sobre la biología y ecología de las especies plaga, 5: La organización tiene acuerdos de trabajo con productores, que logran hacer más eficiente la GSF, 6: La organización cuenta con un plan estratégico para el mediano y largo plazo, 7: La organización prepara un plan operativo anual para las tareas de prevención y control, 8: La organización cuenta con un sistema de gestión de la sanidad forestal, 9: El sistema de GSF está inscripto en políticas forestales regionales y/o nacionales, 10: La organización cuenta con instrumentos de fomento y subsidia la actividad, 11: La organización perfecciona y actualiza regularmente la información sobre las especies plaga, 12: La organización elabora un informe anual sobre el estado sanitario de los bosques de su jurisdicción, 13: La organización es responsable de la aplicación de la normativa legal para el manejo de plagas, 14: la organización realiza propuestas en los ámbitos correspondientes para la definición de instrumentos legales.

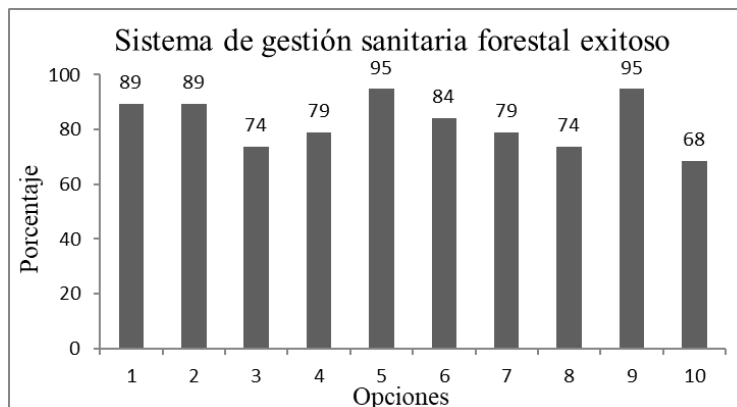
Respecto de las **limitantes** que podía presentar la organización o el sistema sanitario en el ámbito de desempeño de los encuestados, se consideraron aquellos aspectos que restringen el normal funcionamiento o el desenvolvimiento dentro y fuera de la organización y que son consideradas como debilidades (Figura 3).



**Figura 3.** Niveles de respuesta a las debilidades de la organización, expresados en porcentaje.

**Detalle de las opciones.** 1: La estructura organizacional presenta limitantes respecto del área específica, 2: La organización presenta problemas operativos para tratar con los aspectos referidos a la GSF, 3: La organización no fomenta las medidas de manejo de plagas, 4: La organización no estimula con apoyo económico las medidas de manejo de plagas, 5: La organización no es eficiente como autoridad de aplicación de la normativa legal y de las medidas de control, 6: La organización no está facultada para la aplicación de sanciones, 7: La comunicación de la información disponible sobre GSF dentro de la organización es insuficiente, 8: La interacción de la organización con distintos ámbitos del sector forestal respecto de la GSF es insuficiente, 9: La organización se encuentra desvinculada del ámbito de investigación en la temática, 10: Los recursos humanos específicos son escasos dentro de la organización, 11: Los recursos humanos asignados a la temática no se encuentran especializados en sanidad forestal, 12: La organización no establece la obligatoriedad del control y manejo de plagas, 13: La ejecución presupuestaria por parte de la organización es ineficiente, 14: Los resultados obtenidos del MIP son negativos, 15: Las estrategias de control que se implementan desde la organización son imprecisas, 16: Las estrategias de control que se implementan desde la organización son poco eficaces.

En relación con aquellos aspectos que podían contribuir al **éxito** de un sistema de gestión de la sanidad forestal, la mayor parte de los encuestados coincidió en que eran determinantes la existencia de políticas definidas y apropiadas para la GSF y la visión a largo plazo de los decisores políticos. Tales condiciones encontraban un respaldo en la existencia de programas de vigilancia y monitoreo en sanidad (Figura 4).



**Figura 4.** Niveles de respuesta sobre los factores que pueden contribuir a hacer exitoso un sistema de gestión de la sanidad forestal, expresados en porcentaje.

**Detalle de las opciones.** 1: Visión de largo plazo en los decisores políticos (que se pone de manifiesto mediante instrumentos concretos), 2: Información disponible suficiente en calidad y cantidad para la prevención y el manejo, 3: Inversión suficiente para afrontar gastos operativos y estructurales en distintos horizontes de tiempo, 4: Interacción con los actores territoriales (productores, organizaciones, entre otras), 5: Políticas definidas y apropiadas para la GSF, 6: Marco legal acorde y actualizable en función de la modificación de los escenarios, 7: Estructura (e infraestructura) organizacional acorde a las necesidades y adaptable a cambios, 8: Disponibilidad rápida de recursos económicos ante alguna situación de emergencia, 9: Programas de vigilancia y monitoreo en sanidad, 10: Programas específicos para atender la problemática de una determinada especie plaga.

### **Matriz de dispositivos derivada del enfoque de la gestión sanitaria forestal en otros países, provincias de Argentina y de la opinión de expertos y la construcción de las directrices**

Merced a un análisis detallado de los sistemas de gestión sanitaria forestal de Estados Unidos, Canadá, España, Chile, Uruguay y de las provincias argentinas, al que se sumaron las respuestas que brindaron los especialistas argentinos y extranjeros, se identificaron para cada encuadre o criterio -Legal, de Recursos, Ambiental y Decisional (Figura 1), los *dispositivos* legales, de recursos, ambientales y decisionales que permitieron diseñar una matriz para derivar, mediante la identificación de *componentes* (aquellos dispositivos que mejor podían adecuarse a la situación y al contexto de la Secretaría de Bosques de la Provincia de Chubut), las *directrices* que representaron la base o sustrato de un sistema de gestión de la sanidad forestal en el territorio provincial. Para la selección de tales componentes, la criba -o guía para orientar dicha selección- la constituyeron las estrategias que fueron definidas en la fase final del análisis FODA, lo que permitió ensamblar conceptualmente todos y cada uno de los aspectos que estructuraron el presente trabajo. Por razones de extensión del artículo se describen seguidamente sólo aquellos que se seleccionaron (y que están resaltados en gris en la Tabla) para el contexto institucional de la Secretaría de Bosques de Chubut (Tabla 3).

**Tabla 3.** Matriz de dispositivos elaborados para los distintos requerimientos a partir de las estructuras de los sistemas de gestión forestal de distintos países, provincias de Argentina y de las respuestas a la encuesta.

Territorio	EE.UU	C	Es	Ch	U	M(Ar)	N(Ar)	En
Requerimiento								
Legal		DLC <sub>1</sub>				DLM(Ar) <sub>1</sub>		DLEn <sub>1</sub> DLEn <sub>2</sub>
Recursos		DRC <sub>1</sub> DRC <sub>2</sub> DRC <sub>3</sub>	DREs <sub>1</sub>	DRCh <sub>1</sub> DRCh <sub>2</sub>	DRU <sub>1</sub> DRU <sub>2</sub>		DRN(Ar) <sub>1</sub> DRN(Ar) <sub>2</sub>	DREn <sub>1</sub> DREn <sub>2</sub>
Ambiental		DAC <sub>1</sub> DAC <sub>2</sub>	DAEs <sub>1</sub>	DACH <sub>1</sub>	DAU <sub>1</sub>			DAEn <sub>1</sub>
Decisional	DDEU <sub>1</sub>	DDC <sub>1</sub>	DDEs <sub>1</sub>	DDCh <sub>1</sub>	DDU <sub>1</sub>			

*Referencias:* DL: Dispositivo Legal; DR: Dispositivo de Recursos; DA: Dispositivo Ambiental; DD: Dispositivo Decisional; EE.UU: Estados Unidos; C: Canadá; Es: España; Ch: Chile; U: Uruguay; M(Ar): Provincia de Misiones (Argentina); N(Ar): Provincia de Neuquén (Argentina); En: Encuesta.

### Dispositivos legales [DLx]

**Encuesta -En-:** El sistema de gestión de la sanidad forestal de la organización está inscripto en políticas forestales regionales y/o nacionales apropiadas. Estas políticas encuentran respaldo en la visión de largo plazo en los decisores políticos. [DLEn1]

### Dispositivos de recursos [DRx]

**Canadá:** En Columbia Británica, el Ministerio de Bosques, Tierras y Operaciones de Recursos Naturales propicia la mejora de los procesos de acceso a la información sobre sanidad forestal mediante actividades de extensión y capacitación, de manera que la misma se encuentre disponible para todos los administradores de bosques. [DRC<sub>3</sub>]

**Chile -Ch-:** La Corporación Nacional Forestal realiza la protección sanitaria de los recursos forestales y el manejo de plagas mediante actividades de difusión, transferencia tecnológica, fomento de la investigación y capacitación, en conjunto con otros organismos del sector público y privado. [DRCh<sub>1</sub>]

**Provincia de Neuquén (Argentina):** El estado provincial ha generado un plan de incentivos para el sector privado a través del cual se promueve el crecimiento de la actividad forestal. Para fortalecer la sanidad forestal y el manejo silvicultural se establecen medidas tendientes a evitar la incidencia de plagas en plantaciones, y a lograr productos de calidad al turno de corta. [DRN(Ar)<sub>2</sub>]

**Encuesta:** La organización debe tener una estructura e infraestructura organizacional acorde a las necesidades y adaptable a los cambios. Debe contar con una capacidad de inversión que sea suficiente para afrontar gastos operativos y estructurales en distintos horizontes de tiempo, incluyendo una rápida disponibilidad si se presenta alguna situación de emergencia. [DREn<sub>2</sub>]

### Dispositivos ambientales

**Uruguay:** Desde el año 2014, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria realiza capacitaciones a campo para la identificación de plagas y enfermedades forestales, orientadas al público en general y a los técnicos y personal operativo de las empresas forestales, y se provee de material de difusión para el reconocimiento. [DAU<sub>1</sub>]

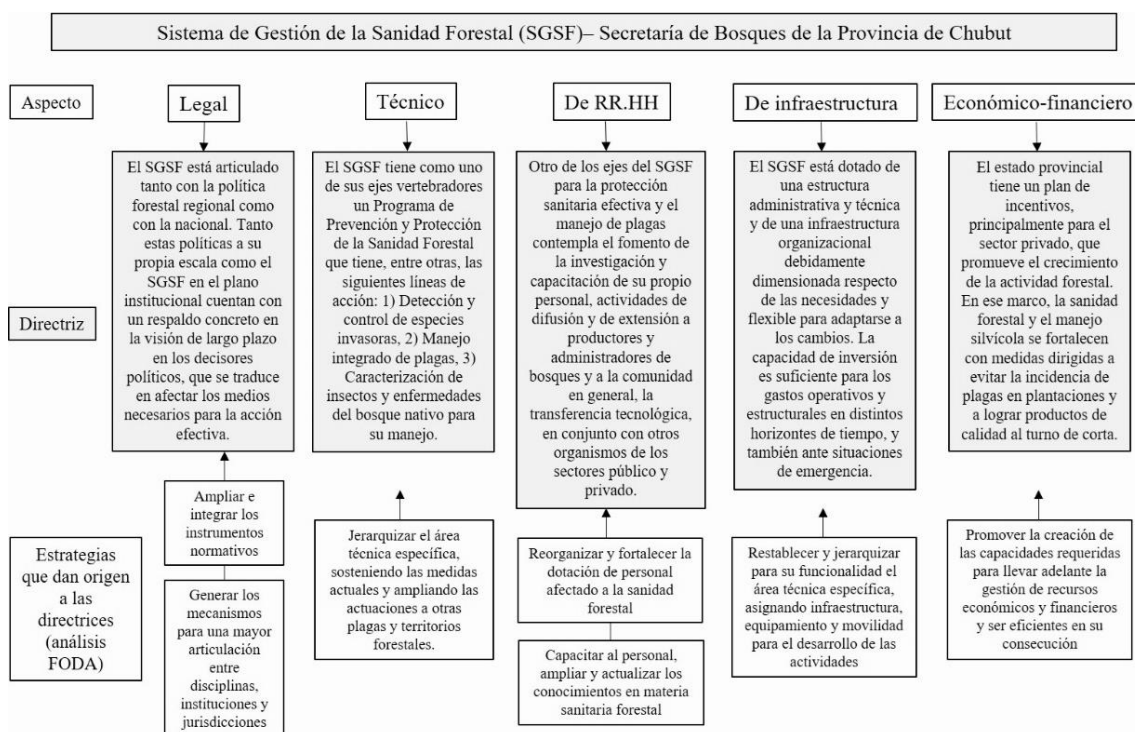
**Encuesta:** La organización dispone del conocimiento adecuado sobre la biología y ecología de las especies plaga. Además, perfecciona y actualiza regularmente la información sobre las

especies plaga. Cuenta con programas específicos para atender la problemática de una determinada especie plaga. [DAEn<sub>1</sub>]

### Dispositivos decisionales [DDx]

**Estados Unidos -EU-:** El Servicio Forestal, dependiente del Departamento de Agricultura, cuenta con un Programa de Protección de la Sanidad Forestal con las siguientes líneas de acción: 1) Insectos y enfermedades del bosque nativo, 2) Especies invasoras, 3) Manejo integrado de plagas, 4) Gestión de la sanidad forestal. [DDEU1]

En la tabla precedente se han resaltado especialmente aquellos dispositivos que a partir de las estrategias derivadas del análisis FODA (descriptas en la Tabla 2) podrían adecuarse mejor al contexto institucional que nos ocupa, pues constituyeron los componentes para dar forma a las directrices, que se explicitan seguidamente (Figura 5).



**Figura 5.** Esquematización de la estructura básica sobre la que podría asentarse el sistema de gestión sanitaria forestal para Chubut.

Chile, Uruguay y Argentina comparten una política con semejanzas en lo que respecta a traccionar la implantación de especies exóticas desde los respectivos Estados nacionales, la que fue impulsada en sus territorios durante las décadas de 1970 y 1980 (Lanfranco, 2010; Ide, 2010), e integran el Comité de Sanidad Vegetal (COSAVE) y el Mercosur. En los dos primeros, la actividad del sector forestal se posiciona en segundo o tercer término en la matriz productiva del país, con la consecuente inversión en la gestión de la sanidad forestal, juntamente con los sectores públicos y privados. Contrariamente a esto último, en Argentina, la representación del sector forestal es mucho menos significativa en el producto interno nacional. Históricamente, la actividad forestal relativa a plantaciones en Argentina ha sido impulsada con la inversión por parte del Estado nacional bajo un régimen de subsidios y exención impositiva, mientras que la sanidad de los cultivos forestales implantados no representó un factor de preocupación ni de inversión hasta que próximo al año 2000, comenzó a adquirir relevancia ante la potencial amenaza

e impacto económico ocasionado por *S. noctilio* (Villacide y Corley, 2006). Sin embargo, los aspectos a nivel territorial en materia de prevención, vigilancia, regulación y control de plagas continúan formando parte de un proceso que debe ser fortalecido, como se ha señalado en el desarrollo de este trabajo.

Las estrategias de gestión en la protección de los sistemas forestales se asientan en políticas mundiales y regionales que basadas en diferentes criterios y actividades bregan por un uso de los recursos que sea sostenible. Es así que la sanidad forestal adquiere un rol de vital importancia como herramienta necesaria de prevención y manejo sustentable para la supervivencia de los bosques (Bernal *et al.*, 2010; Department of Agriculture and Water Resources Australia, 2018). En este sentido, las invasiones de especies plaga de insectos forestales se han incrementado durante los últimos años, causando graves daños e impacto en la economía, debido a la mortalidad y reducción en el crecimiento de las plantas, por lo cual implican un importante riesgo y amenaza a los recursos forestales (Fuentealba *et al.*, 2013). En un contexto regional, los planes estratégicos adquieren especial relevancia puesto que las plagas no reconocen fronteras geográficas (Liebhold *et al.*, 2012).

En lo referido a los requerimientos organizativos de un sistema de gestión sanitaria forestal, resultan prioritarios aspectos como el conocimiento adecuado sobre la biología y ecología de las especies plaga, la capacitación de recursos humanos y la actualización continua de la información referida a plagas. Para esto es necesario que la organización cuente con los recursos económicos financieros, de infraestructura y el equipamiento adecuado. Por ello, la planificación de un sistema de gestión de la sanidad forestal debe ser de mediano y largo plazo, conteniendo tanto programas específicos de vigilancia y monitoreo como medidas de prevención y control a través de planes operativos anuales (Rojas, 2010). Además, para que la gestión sea eficiente, es importante que existan acuerdos con productores y otros organismos vinculados. En este sentido, un mayor involucramiento entre los actores territoriales del sector público y privado posibilita una gestión del recurso forestal que pueda ser sostenible en el tiempo (Lanfranco, 2010). Todos estos aspectos han sido tenidos en cuenta para concebir la estructura básica del sistema de gestión sanitaria forestal para Chubut.

La aplicación de políticas adecuadas y de programas de vigilancia y monitoreo hace posible la funcionalidad de un sistema de gestión sanitaria forestal con una visión de largo plazo, lo que lo convierte en un instrumento que es de suma importancia para los tomadores de decisiones. Destacan especialmente el marco legal acorde y actualizado en función de los escenarios existentes, la disponibilidad de información para la prevención y el manejo de plagas, la interacción con los actores territoriales, además de la existencia de una estructura técnica e infraestructura organizacional acorde a las necesidades y adaptable a los cambios, todo lo cual configura lo que podría denominarse un “circuito virtuoso” de la gestión sanitaria de los bosques (Carabelli, 2014). En este sentido, las estrategias emergentes del análisis FODA realizado implican por un lado ampliar e integrar los instrumentos normativos y por otro, generar mecanismos que permitan una mayor articulación entre disciplinas, instituciones y jurisdicciones.

Aunque en la actualidad el panorama provincial se presenta como desfavorable, existen oportunidades que provienen del Estado nacional, entre las cuales el Programa Nacional de Sanidad Forestal (Maly *et al.*, 2013), el Plan Piloto de Monitoreo de *Sirex noctilio* (SENASA, 2014), y a nivel internacional el Sistema Regional de Sanidad Forestal en los países del Cono Sur y Bolivia (Lima *et al.*, 2010), referencian un encuadre estratégico para la implementación de acciones y prácticas concebidas en el manejo integrado de plagas.

#### 4. CONCLUSIONES

Teniendo en consideración los antecedentes de las acciones realizadas para afrontar los problemas sanitarios ocasionados por *Sirex noctilio*, se considera posible reestructurar la División de Sanidad Forestal (DSF) y fortalecerla, para lo cual es necesaria la sinergia entre el Plan Piloto de Monitoreo de escala nacional y el Programa de Monitoreo y Control de *Sirex noctilio* provincial. En este sentido, la continuidad del convenio interinstitucional entre SENASA y la Secretaría de Bosques de Chubut es una herramienta preexistente válida para la integración. En simultáneo, es necesario, mediante las estrategias que se proponen, centrarse en la reorganización y el fortalecimiento de la dotación de personal, posibilitando la jerarquización en función de las actividades que desempeñen. Tal mejora puede instrumentarse, pues existen fondos otorgados en el marco de la Ley de creación del PMyC, como así también una partida presupuestaria para ser empleada en caso de emergencia sanitaria forestal.

Se evidencia también que es prioritario que la organización disponga del conocimiento adecuado sobre la biología y ecología de las especies plaga, lo que sólo será posible si se cuenta con los recursos humanos calificados para las actividades y se puede acometer la tarea de actualización y perfeccionamiento regular de la información, así como disponer de los recursos económico-financieros, infraestructura y equipos necesarios. Deben también propiciarse acuerdos de trabajo con los productores forestales para hacer más eficiente la gestión sanitaria forestal.

Por todo lo expuesto, se considera que este trabajo aporta elementos concretos para que la Secretaría de Bosques de la Provincia de Chubut, como principal responsable de la aplicación de las políticas públicas para el desarrollo forestal provincial, recupere la centralidad que le cabe en la instrumentación de una gestión sanitaria forestal eficiente.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguerre, M.; G. Denegri y G. Acciaresi. 2019. Políticas de promoción sectorial en Argentina: el caso de las plantaciones forestales y la conformación del sector forestoindustrial. *Revista Perspectivas de Políticas Públicas* Vol. 8 N°16.
- Alfaro, R. 2010. Evaluación de las perturbaciones causadas por plagas forestales en el ámbito del paisaje. En Lanfranco D. y C. Ruiz (Eds.) *Entomología Forestal en Chile*, p 69-79. UACH. Valdivia, Chile.
- Bava, J.; G. Loguercio y G. Salvador. 2015. ¿Por qué plantar en Patagonia? Estado actual y el rol futuro de los bosques plantados. *Ecología Austral* 25:101-111.
- Bernal, E.; N. Ibáñez y G. Robles. 2010. La sanidad forestal: evolución y situación actual. Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales. *Foresta* 50:50-54.
- Buendía Eisman, L.; P. Fuensanta Hernández y P. Colás Bravo. 1998. La investigación por encuesta. En Rebollo A. (Ed.). *Métodos de investigación en psicopedagogía*, p 120-154. McGraw-Hill Interamericana. España.
- Carabelli, F. 2014. *Fundamentos de la Gestión Forestal. Manual de temas conceptuales*. Maestría en Gestión Sanitaria Forestal, Facultad de Ingeniería UNPSJB. 79 p.
- Department of Agriculture and Water Resources. 2018. *National Forest Biosecurity Surveillance Strategy Implementation Plan 2018-2023*. Plant Health Australia. 24 p.
- Fuentealba, A.; R. Alfaro and É. Bauce. 2013. Theoretical Framework for assessment of risk posed to Canadian Forests by invasive insect species. *Forest Ecology and Management* 302:97-106. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.03.023
- Gara, R. 2010. Chile Forestal y las plagas de insectos. En: Lanfranco D. y C. Ruiz (Eds.). *Entomología Forestal en Chile*, p 47-67. UACH. Valdivia, Chile.

- Gomez, C.; N. Vallejos y L. La Manna. 2013. Distribución y caracterización del daño ocasionado por *Pissodes castaneus* en plantaciones de *Pinus* spp. de la Región Andino Patagónica Argentina. *Bosque* 34(3):343-351.
- Ide, M. 2010. El Sector Forestal Chileno. En: Lanfranco D. y C. Ruiz (Eds.). *Entomología Forestal en Chile*, p 15-31. UACH. Valdivia, Chile.
- Lanfranco, D. 2010. Una perspectiva histórica de la entomología forestal en Chile. En: Lanfranco D. y C. Ruiz (Eds.). *Entomología Forestal en Chile*, p 33-46. UACH. Valdivia, Chile.
- Liebhold, A.; E. Brockerhoff; L. Garrett; J. Parke and K. Britton. 2012. Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Front Ecol. Environ* 10(3):135-143.
- Lima, E.; A. Delgado; L. Bocalandro; R. Villa Restrepo; K. McTigue; G. Muñoz; M. Sánchez; M. Perales; A. Egea y R. Gaggero. 2010. *Sistema Regional de Sanidad Forestal en los Países del Cono Sur y Bolivia. Plan de Operaciones*. 22 p.
- Maly, L.; A. Venticinque; V. Mendy; L. Salomone y J. Gole. 2013. Programa Nacional de Sanidad Forestal: su contribución a la protección del patrimonio forestal argentino. *Publicación Periódica Científico-Tecnológica* 1(2):36-40.
- Ministerio de Agroindustria. 2017. *Inventario Nacional de Plantaciones forestales en secano. Región Patagonia*. 138 p.
- Rojas, E. 2010. Insectos cuarentenarios de importancia forestal para Chile. En Lanfranco D. y C. Ruiz (Eds.). *Entomología Forestal en Chile*, p 81-120. UACH. Valdivia, Chile.
- SENASA. 2014. Programas Fitosanitarios. Fecha de consulta: Junio 2020. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/cadena-vegetal/forestales-embalajes/forestales-produccion/C3%B3n-primaria/progr%C3%A1mas-fitosanit%C3%A1rios>
- Villacide, J. y J. Corley. 2006. Control de niveles poblacionales endémicos de la avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) mediante el raleo sanitario de hospederos atacados. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 35(1):121-134.



TRABAJO CIENTÍFICO

## Atributos morfológicos y fisiológicos de *Prosopis alba* Griseb en vivero con diferentes sustratos y contenedores

*Morphological and physiological attributes in Prosopis alba Griseb seedlings with different greenhouse substrates and containers*

Senilliani, M. G.<sup>1</sup>; M. Acosta<sup>1</sup>; J. Oliet<sup>2</sup> y M. Brassiolo<sup>1</sup>

Recibido en julio de 2020; aceptado en octubre de 2021

### RESUMEN

La calidad de la planta forestal de *Prosopis alba* (algarrobo blanco) es un factor de importancia en el manejo de la especie, desde la fase de vivero a la plantación lograda. El trabajo tuvo como objetivo determinar los atributos morfológicos-fisiológicos de plantas en vivero bajo diferentes condiciones de crecimiento generadas por la combinación de diferentes tamaños de contenedor y diferentes sustratos según la composición y porosidad. Se estableció un ensayo con diseño factorial cruzado, con 4 tratamientos resultantes de la combinación de distintas capacidades del contenedor y sustratos. Se evaluaron: altura, diámetro al cuello de la raíz, biomasa aérea y radical, concentración de nutrientes foliares e índices de calidad de planta. Para la caracterización de los sustratos se midió la porosidad total, aérea y de retención. La calidad de las plántulas varió con el tipo de sustrato y volumen del contenedor empleado. La concentración foliar de K no varió, las de N y P difirieron según la técnica de producción. Los atributos de calidad en relación al diámetro a la altura del cuello (DAC) mostraron el mejor comportamiento con el uso de contenedores de mayor volumen y los atributos Ht, biomasa aérea, radical e índices de calidad de planta muestran mayor desarrollo mediante la técnica de producción de contenedores de mayor volumen utilizando como sustrato una mezcla de corteza de pino compostada y perlita (1:1).

**Palabras clave:** algarrobo blanco, crecimiento, índices de calidad de planta, relación biomasa aérea-radical.

### ABSTRACT

The quality of the forest plant *Prosopis alba* (algarrobo blanco) is an important factor in the management of the species, from the nursery phase to the successful plantation. This work aimed to determine the morphological-physiological attributes of nursery plants under different growth conditions generated by the combination of different container sizes and different substrates in terms of their composition and porosity. A crossover factorial design trial was established, with 4 treatments resulting from the combination of different capacities of the container and substrates. The following were evaluated: height, diameter at root neck, aerial and radical biomass, concentration of foliar nutrients and plant quality indices. To characterize the substrates, their total, aerial and retention porosity were measured. The quality of the seedlings varied with the type of substrate and volume of the container used. Though the foliar concentration of K did not vary, that of N and P differed with the production technique. Quality attributes related to the root neck diameter showed their best performance when produced in larger volume containers while the attributes Ht, aerial and radical biomass along with plant quality indices showed greater development when using containers of greater volume and a substrate made out of a mixture of composted pine bark and perlite (1: 1).

**Key words:** algarrobo blanco, growth, plant quality indices, aerial-radical biomass ratio.

<sup>1</sup> 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. E-mail: senilliani@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Universidad Politécnica de Madrid, España

## 1. INTRODUCCIÓN

La degradación de los bosques es un grave problema mundial, en particular en los países en desarrollo. Se estima que un tercio de la población mundial padece los efectos de la degradación de las tierras (Sabogal *et al.*, 2015). En Argentina, esta problemática es similar, siendo el tercer país en el ranking mundial con problemas de degradación por salinidad (Lavado, 2008; Taleinisk *et al.*, 2011). En esta región se ha centrado la investigación en la incorporación de especies leñosas nativas del género *Prosopis* a estos ambientes degradados, con el fin de generar productos y/o servicios forestales, considerando que son especies que han formado parte del paisaje original y que poseen potencial para la forestación.

*Prosopis alba* Griseb, especie nativa de reconocido potencial en el aprovechamiento de productos forestales maderables y no maderables (PFNM), está presente en los bosques del Chaco Semiárido en distintas condiciones agroecológicas. Es una especie freatófita con gran capacidad de adaptación y tolerancia a suelos salinos, con potencial para su promoción en reforestación contribuyendo a recuperar áreas degradadas. Para avanzar en materia de forestación es necesario contar con información de producción y manejo de la especie, desde fase de vivero a plantación lograda. Se considera de importancia trabajar en determinación de técnicas y procesos de producción en vivero que garanticen mayor sobrevivencia y rápido crecimiento inicial. Dentro de las variables de cultivo posibles de evaluar, el tipo de sustrato y volumen del contenedor son aspectos claves a manejar en la producción de un vivero. La calidad de una planta de contenedor depende en gran medida de su sistema radical, por lo cual el sustrato como varias prácticas de cultivo debe ser diseñado para promover un adecuado desarrollo radical en todo el contenedor, que asegure al término de la etapa de cultivo el desarrollo de un firme cepellón (Landis, 1990). El tipo y tamaño del contenedor en conjunción con la composición del sustrato, no solo rige la cantidad de agua, nutrientes disponibles y desarrollo de las raíces sino también los aspectos operativos del vivero (Luna *et al.*, 2012). Gran parte de estas características en el cultivo en contenedor están relacionadas directamente con la porosidad del sustrato, de allí la necesidad de poder determinar los requerimientos específicos de porosidad para la especie y las técnicas para lograr mayor eficiencia del cultivo (Escobar y Buamscha, 2012). El espacio poroso relativo de un medio de crecimiento se relaciona en todos los aspectos del cultivo de la planta en contenedor. Una estructura de poros apropiadamente balanceada, representa un adecuado intercambio de gases para el sistema radical, lo cual afecta directamente todas las funciones de la raíz, como la absorción de nutrientes minerales y de agua (Landis, 1990).

Los parámetros de calidad a considerar en una planta están representados por los atributos morfológicos y fisiológicos que interactúan entre sí y tienen influencia entre los mismos (Mexal, 2012). El diámetro a la altura de cuello de la planta es un buen predictor de su desempeño en la plantación ya sea en la supervivencia, crecimiento en altura como la producción en volumen a largo plazo (Mexal, 2012). La altura como parámetro morfológico tiene escasa relación con la supervivencia sin embargo la relación entre peso seco de biomasa aérea y la radical, determina el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta y es uno de los parámetros que brinda más información en cuanto a la calidad de la planta debido a la relación con el balance hídrico y la resistencia al stress (Marchant *et al.*, 2009).

Entre los parámetros fisiológicos, se destaca el estado nutricional y el estado hídrico, siendo el primero uno de los atributos con mayor influencia en la calidad de la planta. Escasos estudios se han realizado sobre calidad de planta en la región, Salto *et al.* (2016) en Concordia, Entre Ríos, realizó un estudio similar en *Prosopis alba* donde evaluó la calidad de planta según diferentes sustratos y contenedores.

El trabajo tuvo como objetivo determinar los atributos morfológicos y fisiológicos de plantas en vivero bajo diferentes condiciones de crecimiento generadas por la combinación de diferentes tamaños de contenedor y diferentes sustratos según la composición y porosidad.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el vivero de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Localidad del Zanjón, a 27° 52' 30.08" S, 64° 14' 14.97" O Dpto. Capital, Santiago del Estero, Argentina. El tipo de vivero donde se realizó el estudio corresponde a un umbráculo que permite el control parcial de las variables ambientales, con sistema de riego por aspersión automatizado y manejo de la intensidad de radiación con malla media sombra al 50%. La instalación del ensayo responde a un ciclo de producción de plántulas realizado durante los meses de primavera-verano. En función del tipo de crecimiento que posee la especie, principalmente la raíz de carácter pivotante, se eligieron dos tamaños de contenedores a ensayar. Los dos sustratos seleccionados se establecieron con el objetivo de generar diferencias de porosidad y evaluar la repuesta radical, considerándose factores de importancia clave en el efecto sobre la producción en vivero. El efecto del sustrato y el tamaño de contenedor fueron evaluados a partir de un diseño de tratamientos factorial 2 x 2, con cuatro repeticiones y se determinó como unidad muestral la parcela de 54 plántulas. El número total de individuos fue 864. Los tratamientos aplicados se describen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos aplicados

<i>Factores y niveles de los tratamientos</i>	<b>Tratamientos</b>			
	<b>B1SA</b>	<b>B2SA</b>	<b>B1SB</b>	<b>B2SB</b>
Componentes del sustrato (corteza: perlita)	75:25	75:25	1:1	1:1
Contenedor (cm <sup>3</sup> )	250	125	250	125

Los sustratos utilizados fueron corteza de pino compostado (Vivero Huagro S.A.), perlita (Minaclar S.A) y la preparación fue mediante mezcla manual. Se establecieron dos niveles del factor sustrato: El sustrato A, presentaba una proporción de corteza de pino compostado y perlita de 75:25 y el sustrato B, una proporción de 1:1. El contenedor B1 correspondió a un tubete de 250 cm<sup>3</sup>, diámetro interno 64 mm, altura 137 mm; el contenedor B2 correspondió a un tubete de 125 cm<sup>3</sup>, diámetro interno 40 mm y altura 150 mm, ambos de forma tronco cónica, ocho nervaduras internas de orientación radical.

El germoplasma empleado provino en su totalidad de poblaciones locales (Cosecha, 2013) cosechadas en el departamento Robles, Santiago del Estero. El clima de esta región se caracteriza por ser subtropical con estación seca con temperatura promedio anual de 20,4 °C y precipitación promedio anual de 624 mm (Morello, 2012). Las semillas fueron escarificadas con inmersión en ácido sulfúrico 95 %, durante 3 minutos, posteriormente fueron enjuagadas con agua. La siembra fue realizada en octubre del 2014 en vivero bajo cobertura de media sombra (50% de intercepción de la radiación), mediante el método de siembra directa, colocando 1 semilla por contenedor. El Dispositivo Data logger registró en umbráculo una temperatura media de 27 °C en noviembre-diciembre y humedad de 40 % a 70 %, durante el periodo en que transcurrió la germinación. Para prevenir ataques fúngicos se aplicó semanalmente Carbendazim, mediante pulverización con mochila en dosis de 25 cm<sup>3</sup>/100 litros de agua. Para la suplementación de nutrientes, se utilizó el mismo método, vía pulverización con mochila, un fertilizante foliar NPK grado equivalente: 25 - 14 - 8 con dosis 4 g/litro de sustrato de marca comercial Yoguien N° 3 (Ando y Cia.SA) con aplicación semanal.

Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura de cuello (DAC) medición con calibre vernier registrada en mm; altura total (Ht) medición con reglas de precisión en cm, tomada desde el cuello de la raíz hasta el ápice, peso seco total obtenido por sumatoria de los pesos secos radical y aéreo (PST), radical (PSR) y aéreo (PSA) y nutrientes foliares: nitrógeno (N) en %, fósforo (P) y potasio (K) medidos en mg/g PS. La determinación analítica de los nutrientes se realizó para el nitrógeno mediante el método estándar micro- Kjeldahl (Horneck and Miller, 1998), para el fósforo se

empleó el método colorimétrico de azul de molibdeno (Murphy y Riley, 1962) y para el potasio el método fotometría de llama (Baker and Shur, 1982).

La medición de los parámetros morfológicos (DAC, Ht, PST, PSA y PSR) se hizo a los 120 días de la siembra, etapa que se corresponde con la etapa final en vivero y posterior plantación a campo. Se determinó la duración del ciclo de vivero en 120 días en base a experiencias propias anteriores y se tomó como referencia el estudio de Salto *et al.* (2016) donde se produjo una planta de calidad en el tiempo fijado.

La medición de la Ht y el Dac se hizo como paso previo a extraer el sustrato del cepellón de la planta y realizar el lavado de raíces. La determinación de la biomasa de la planta se hizo mediante método destructivo, se utilizaron 3 plántulas por parcela seleccionadas al azar, se particionó la parte aérea y radical para su posterior colocación en estufa a 72 °C hasta peso constante durante 48 horas aproximadamente. La medición del peso seco se realizó en balanza electrónica de precisión de 0,1 g.

A partir de los atributos morfológicos citados anteriormente se calcularon los siguientes índices: *Índice de esbeltez* (IE) es un indicador de la densidad del cultivo, relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma (Toral, 1997), se describe por la relación altura/diámetro:

$$IE = Ht / DAC$$

Dónde: Ht. = Altura de la plántula (cm); DAC = Diámetro a altura de cuello (mm);

La *relación biomasa aérea y biomasa radical* que representa la relación entre el tejido que evapotranspira (parte aérea) y el tejido que absorbe agua y nutrientes (raíces) mediante la siguiente fórmula:

$$PSA / PSR = \text{Peso seco aéreo} / \text{Peso seco radical}$$

El *Índice de Calidad de planta* (Dickson *et al.*, 1960) combina las variables morfológicas siguientes, peso seco total de la planta, la suma de la esbeltez y la relación biomasa aérea/biomasa radical, para representar la calidad morfológica, que indica que a mayor valor mayor calidad de planta, mediante la fórmula siguiente:

$$IC = PST / (IE + (PSA / PSR)) \quad [1]$$

Dónde: PSA = Peso seco aéreo (g); PSR = Peso seco radical (g); y PST = Peso seco total (g).

Para el análisis de nutrientes foliares se usaron 3 plantas por parcela, seleccionadas a 120 días de la siembra.

En lo que respecta a los sustratos evaluados, las propiedades físicas testeadas fueron, porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA) y retención de agua de los sustratos (PR) determinados por método volumétrico (Landis *et al.*, 1990) expresados en porcentaje. Se midió volumen del agua de saturación (volumen total de poros) y del agua drenada (volumen de poros de aireación). La evaluación en sustratos se realizó al inicio del ciclo de producción, determinándose 5 repeticiones por tratamiento siendo la unidad muestral el contenedor.

### Análisis estadístico

Para la determinación de los efectos de los factores ensayados se empleó un arreglo factorial de los tratamientos con diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, en condiciones de vivero de acuerdo a la siguiente expresión:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad [2]$$

Donde:

$y_{ijk}$  representa la observación para la  $k$ -ésima unidad experimental del nivel  $i$  del factor A (envase) y nivel  $j$  del factor B (sustrato),  $\mu$  media general,  $\tau_i$  representa el efecto causado por el nivel  $i$  del factor A,  $\gamma_j$  representa el efecto causado por el nivel  $j$  del factor B,  $(\tau\gamma)_{ij}$  representa la interacción del nivel  $i$  del factor A y el nivel  $j$  del factor B, y  $\varepsilon_{ijk}$  representa el término de error aleatorio asociado a la observación  $y_{ijk}$ .

Las variables DAC, Ht, IE, PSA, PSR, PST, PSA/PSR, IC, concentración de nutrientes y porosidad fueron evaluados mediante análisis de la varianza con análisis factorial para constatar la existencia de diferencias significativas entre los niveles y su interacción, según modelo de la Ecuación [2]. En la variable PSA/PSR, al no cumplirse los supuestos de normalidad, se aplicó la transformación logarítmica de la variable.

Para establecer patrones de diferencias se aplicó la prueba (DGC) (Di Rienzo *et al.*, 2015). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Infostat vs. 2015.

## 3. RESULTADOS

### *Parámetros morfológicos y fisiológicos*

La evaluación del DAC, en etapa final de crecimiento, mostró diferencias en favor del contenedor de mayor volumen, con diferencias significativas en el factor envase (valor de F 5,27  $p < 0,04$ ) y una media de  $2,4 \pm 0,12$  cm para los de mayor volumen con respecto a  $2,0 \pm 0,12$  cm para los de menor volumen. No se registraron interacciones en los factores analizados.

La falta de interacción entre los factores se repitió para altura total e índice de esbeltez, registrándose diferencias significativas relacionadas al factor envase (valor de F 118,2  $p < 0,0001$  y 7,62  $p < 0,01$  respectivamente) obteniéndose mayores valores de Ht e IE en contenedores de mayor volumen, con valores de  $19,5 \pm 0,47$  cm y  $8,2 \pm 0,5$  respectivamente con respecto a  $12,3 \pm 0,47$  cm de Ht y  $6,2 \pm 0,5$  de IE en contenedores de menor volumen. La Ht registró diferencias en cuanto al sustrato, con mejor comportamiento en el sustrato B (Valor de F 8,04  $p < 0,01$ ) con  $17 \pm 0,47$  cm en relación al Sustrato A,  $15 \pm 0,47$  cm.

Analizando en detalle las variables PSR, PSA y PST, presentaron mayores valores en el caso de contenedores de mayor volumen con el sustrato B, registrándose una diferencia de un 100 % en la biomasa radical, aérea y total con respecto al sustrato A (Tabla 2). Las diferencias fueron estadísticamente significativas para la interacción contenedor-sustrato en PSR (valor de F 12,54  $p < 0,004$ ), en PSA (valor de F 4,7  $p < 0,04$ ) y en PST (valor de F 11,3  $p < 0,005$ ).

La relación PSA/PSR, que representa el balance entre la biomasa aérea y radical no mostró diferencias, ni interacciones para los factores testeados. La biomasa radical aumentó progresivamente con el peso seco total (PST), observándose en la mayoría de los tratamientos valores menores a 1 (Tabla 2), que indicarían una biomasa radical que supera a la biomasa aérea. Esto no sucedió en contenedores de menor tamaño con sustrato B donde la relación es de 1, lo que indica que ambas biomásas (aérea y radical) son iguales, con una proporción menor de biomasa radical con respecto a los demás tratamientos.

La variación en el Índice de calidad de planta, registró resultados similares a los demás parámetros analizados, mostró una mejor calidad de planta con el uso del sustrato B en los contenedores de

mayor volumen con valores de  $0,27 \pm 0,03$ . El sustrato A en contenedor de mayor volumen obtuvo un índice de  $0,13 \pm 0,03$  y en el de menor volumen obtuvo un índice similar  $0,12 \pm 0,03$ . El sustrato B en los contenedores de menor volumen registro el valor de índice más bajo,  $0,08 \pm 0,03$ . Se presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción contenedor-sustrato (valor de F 8,59  $p < 0,01$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros morfológicos e índices de plántulas de *Prosopis alba*, 120 días después de la siembra y porosidad del sustrato, para cada uno de los tratamientos utilizados.

	Tratamientos			
	B1SA	B2SA	B1SB	B2SB
<b>Parámetros morfológicos e índices</b>				
PSA (g)	$0,39 \pm 0,09$ B	$0,22 \pm 0,09$ B	$0,87 \pm 0,09$ A	$0,32 \pm 0,09$ B
PSR (g)	$0,70 \pm 0,10$ B	$0,48 \pm 0,10$ B	$1,41 \pm 0,10$ A	$0,32 \pm 0,10$ B
PST (g)	$1,10 \pm 0,10$ B	$0,70 \pm 0,10$ B	$2,28 \pm 0,10$ A	$0,63 \pm 0,10$ B
PSA/PSR	$0,62 \pm 0,10$ A	$0,49 \pm 0,10$ A	$0,62 \pm 0,10$ A	$1,05 \pm 0,10$ A
IC	$0,13 \pm 0,03$ B	$0,12 \pm 0,03$ B	$0,27 \pm 0,03$ A	$0,08 \pm 0,03$ B
<b>Porosidad del sustrato (%)</b>				
Total	$24,6 \pm 1,61$ D	$57,9 \pm 1,60$ A	$31,7 \pm 1,60$ C	$50,8 \pm 1,60$ B
Aireación	$5,8 \pm 1,20$ C	$33,1 \pm 1,20$ A	$11,4 \pm 1,20$ B	$30,5 \pm 1,20$ A
Retención	$18,7 \pm 0,90$ B	$24,7 \pm 0,91$ A	$20,2 \pm 0,90$ B	$20,2 \pm 0,91$ B

Los valores en la tabla expresan la media  $\pm$  error estándar. Letras iguales para cada fila simbolizan que las medias no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) en test DGC, PSA= peso seco aéreo, PSR= peso seco radicular, PST= peso seco total, PSA/PSR= peso seco aéreo/radical e IC= Índice de Dickson.

La concentración de nutrientes foliares no registró interacciones significativas entre los factores contenedor x sustrato, por lo cual el resultado de los efectos principales indica que para el factor volumen de contenedor, el fósforo presentó diferencias significativas (F 6,79  $p < 0,02$ ), con mayor concentración en aquellos de menor volumen con  $1,26 \pm 0,08$  mg/g en relación al de mayor volumen. En el caso de nitrógeno, el factor sustrato registró diferencias significativas, a favor del sustrato B con  $1,36\% \pm 0,05$  (F 6,56  $p < 0,02$ ) en relación al sustrato A que registro  $1,16\%$ . El potasio no registró diferencias significativas entre los tratamientos, con promedios de  $4,03 \pm 0,24$  mg/g.

Los mayores valores de porosidad total se registraron en contenedores de menor volumen con valores más altos en el sustrato A que en el B. En el caso de contenedores de mayor volumen, el sustrato B presentó mayores valores que A (Tabla 2). La porosidad aérea, para contenedores de menor volumen, con valores de 30 % a 32 %, no presentó diferencias entre los distintos tipos de sustratos utilizados. En contenedores de mayor volumen, el sustrato B presentó diferencias significativas con respecto al A (11,48 % de porosidad aérea para el sustrato B y 5,82 % en el sustrato A) (Tabla 1). En porosidad de retención se demostró que solo existen diferencias significativas para contenedores de menor volumen con el sustrato A, según se observa en Tabla 1, este tratamiento presenta el mayor valor de porosidad (24,7 %), para los demás casos no hubo diferencias. Es notable la presencia de interacción entre factores en porosidad total ( $p < 0,0004$ ), porosidad aérea ( $p < 0,005$ ) y porosidad de retención ( $p < 0,007$ ).

#### 4. DISCUSIÓN

La calidad de planta en vivero varió con el sustrato y el volumen del contenedor empleado. En algarrobo blanco, las variables diámetro a altura del cuello, altura total e IE, demostraron que hay mayor desarrollo en contenedores de mayor volumen, independientemente del sustrato usado. Los valores de IE obtenidos para ambos contenedores (de 6,2 a 8,2) demostraron ser adecuados e indicaron plantas de buena calidad si se considera las referencias citadas (valores de IE entre 5 y 10 para plantas de buena calidad) por Marchant (2009). El estudio coincide con Salto *et al.* (2016), quienes probaron que el crecimiento de plántulas de *P. alba* en diferentes tamaños de contenedores, era mayor en los tubetes de mayor volumen. Estos resultados se vincularían a la mayor disponibilidad de sustrato con que cuenta la planta en el ciclo de crecimiento como también al mayor diámetro del tubete que posibilita mayor área de captación de agua de riego (Luna *et al.*, 2012).

Los valores registrados para PSA/PSR entre 0,49 a 1,05 fueron comparables a los encontrados por Dalmasso *et al.*, (1994) para especies del mismo género como *Prosopis chilensis* y *Prosopis flexuosa* (0,44 y 0,48 respectivamente). Los valores en DAC (2 mm a 2,4 mm) fueron inferiores a los registrados por Salto *et al.* (2016) (3,5 mm a 4,2 mm) considerando un sustrato con cierta similitud e iguales tamaños de envase, posiblemente esta diferencia se deba a la mayor frecuencia y dotación de agua en el programa de riego complementado con mayor aplicación de fertilizantes. La mejor calidad de planta en el estudio, (tratamiento B1SB) presentó una PSA/PSR relativamente baja que garantizaría mayor supervivencia, evitando que la transpiración exceda a la capacidad de absorción (Reyes *et al.*, 2005). Este atributo presentó un mayor valor interpretativo por su relación con la economía hídrica de la planta particularmente importante en climas secos (Navarro *et al.*, 2006).

El IC, en general fue bajo (0,08 a 0,13) a excepción de B1SB que presentó el mayor valor (0,27). La respuesta en crecimiento obtenida para este tratamiento respondió a la mayor sección transversal del contenedor con influencia directa en el desarrollo radicular, en particular mayor desarrollo de raíces secundarias que mejora la formación del cepellón. El IC obtenido para B1SB podría ser comparable a valores obtenidos por López Martínez *et al.* (2014), de 0,19 a 0,21, en estudios de calidad de planta en *Prosopis laevigata*. Dickson *et al.* (1960) consideran que entre más alto el IC mejor será la calidad de planta y la adaptación a condiciones ambientales (López Martínez *et al.*, 2014).

Según Oliet *et al.* (2006), el estado nutricional afecta los atributos morfológicos y fisiológicos, con consecuencias sobre la respuesta en la fase de establecimiento. La concentración de macronutrientes medidos en las hojas, demostró una mayor concentración de N para las plantas que crecieron en el sustrato B (1,36 %), sin embargo, la concentración de N en general fue menor en comparación a otros estudios. Los antecedentes en cuanto a aspectos nutricionales en el género *Prosopis* no son concluyentes; Si comparamos los valores encontrados en este estudio con los de Mendoza *et al.* (2014), en hojas maduras de *Prosopis nigra*, se reportaron en P 1,30 mg/g, K 4,10 mg/g y N 3,18 %, valores iguales o levemente superiores para P y K y una diferencia marcada en el caso de N. Para suplir esta diferencia se podría complementar la fertilización foliar con fertilizante de base en el sustrato, que permita obtener un mayor contenido de nitrógeno foliar. Ante la falta de valores de referencia en las concentraciones de macronutrientes que optimicen la calidad de planta en algarrobo, los valores registrados podrían ser usados como datos preliminares. Se debe considerar al definir valores de referencia, el efecto de dilución que puede darse en la concentración de los nutrientes foliares ante el crecimiento rápido de la planta (Landis, 1989; Grimalt, 2010). Otro factor a considerar que predispone a la movilidad de nutrientes es el proceso de translocación de solutos, desde el follaje hacia el tallo y raíces durante la fase de rustificación, etapa final de vivero donde se fortalece el sistema radical (Escobar, 2012).

El efecto de la porosidad de los sustratos sobre el crecimiento mostró que el uso de contenedores de mayor volumen con 1:1 de corteza de pino y perlita registró los mayores crecimientos en los parámetros morfológicos relacionados a la biomasa. Este tratamiento registró una baja porosidad

de aireación pero situada en el límite inferior del rango citado en la literatura, con PR similar a los registrados en contenedores más pequeños, con una proporción equilibrada en la distribución de macro y micro poros. Estos rangos contemplan una porosidad total, porosidad de aire y retención de humedad de 60 % a 80 %, 10 % a 30 %, y 40 % a 60 % (con base en el volumen), respectivamente (De Boodt y Verdonck, 1972; Bunt, 1988; Ansorena, 1994; Handreck y Black, 1994 citado por Garcia *et al.*, 2001). Se observa cómo los tratamientos con mayores valores de porosidad no necesariamente tuvieron los mayores desarrollos en biomasa radical, un parámetro de gran relevancia para las regiones áridas o semiáridas. Una de las razones de este comportamiento podría deberse a un bajo requerimiento de la especie, característica de ambientes semiáridos, de volumen de aire en el cepellón y alta relevancia en la capacidad de retención de agua, un aspecto crítico para dicho ambiente. Escobar y Buamscha (2012) expresan que los requerimientos de porosidad de aireación y retención cambian según las diferentes especies, así en el tratamiento que presenta mayor crecimiento (B1SB) se considera que los valores de porosidad obtenidos permiten a las raíces disponer de suficiente volumen de aire para su función respiratoria (Martínez y Roca, 2011) y necesidades de agua.

## 5. CONCLUSIONES

Si bien la calidad de la planta forestal en vivero, requiere su validación a futuro en la respuesta de crecimiento a campo, en la etapa de vivero se concluye que el mejor comportamiento de los atributos de calidad evaluados, en relación al DAC se obtiene con el uso de contenedores de mayor volumen, y los demás atributos Ht, biomasa aérea, radical e índices de calidad de planta se obtienen mediante la técnica de producción de contenedores de mayor volumen utilizando como sustrato una mezcla de corteza de pino compostada y perlita (1:1).

La concentración foliar de K no varía, las de N y P difieren según la técnica de producción con un registro bajo en contenido de N. Se podría mejorar el estado nutricional de las plantas mediante la implementación de técnicas de vivero, como la fertilización en el sustrato que se complementa a la fertilización foliar y le confiera mayor calidad a la planta.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, D. L. and N. H. Shur. 1982. Atomic absorption and flame emission spectrometry, pp. 13-27. In: A. L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No. 9. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Dalmaso, A.; R. Masuelli y O. Salgado, 1994. Relación vástago-raíz durante el crecimiento en vivero de tres especies nativas del Monte *Prosopis chilensis*, *Prosopis flexuosa* y *Bulnesia retama*. *Multequina, Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas Mendoza, Argentina* (3):35-43.
- Di Rienzo, J.; F. Casanoves; M. Balzarini; I. González; M. Tablada y C. Robledo, 2015. *InfoStat*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2015. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dickson, A.; I. Leaf; J. F. Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *Forestry Chronicle* (3):10-13.
- Escobar, R. y G. Buamscha. 2012. Sustratos o medios de crecimiento. En: Contardi, L.; Gonda, H; Tolone; G, Salimbeni. *Producción de plantas en viveros forestales*. Colección nexos, 89-98 p.
- Escobar, R. 2012. Fase de cultivo: endurecimiento. En: Contardi, L.; Gonda, H; Tolone; G. Salimbeni. *Producción de plantas en viveros forestales*. Colección nexos, 145 p.

- García, C.; G. Alcántar; R. Cabrera; R. Gavi y H. Volke. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnu maureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra* 19 (3).
- Grimalt, L. 2010. *Análisis de los cambios estacionales y efecto de las diferentes zonas sobre la concentración de nutrientes en hojas de olivo (Olea europaea L.) en San Juan*. Tesis de Magister de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina.
- Horneck, D. A. & R. Miller. 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue. *In: Handbook of reference methods for plant analysis* (ed YP Kalra) pp. 75-81 Taylor and Francis group, New York.
- Landis, T. D. 1990. Containers: Types and Functions. *In* Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E. y Barnett, J. P. *The Container Tree Nursery Manual*, Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Landis, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. *In*: Landis, T.D.; Tinus R.W.; McDonald, S.E.; Barnett, J.P. *The Container Tree Nursery Manual*, Volume 4. Agric. Handbbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 1-67.
- Lavado, R. 2008. Visión sintética de la distribución y magnitud de los suelos afectados por salinidad en la Argentina. Pp. 11-16 *En*: Taleisnik, E; K Grunberg & G. Santa María (eds.). *La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria*. EDUCC (Editorial Universidad Católica de Córdoba), Córdoba. ISBN 978-987-626-013-8.
- López Martínez, P.; H. Villalón Mendoza; J. Yerena Yamallel; J. Jiménez Pérez; Guevara González y J. R. Martínez Barrón. 2014. Sistemas de riego para la producción de planta de *Prosopis laevigata* (Humb & Bonpl. ex. Wild), M. C. Johnst en vivero forestal. *Latinoamericana de Recursos Naturales*; 10 (2):45-51.
- Luna, T.; T. Landis y R. Dumroese. 2012. Contenedores: aspectos técnicos, biológicos y económicos. *En*: Contardi, L.; Gonda, H.; Tolone; G. Salimbeni. *Producción de plantas en viveros forestales*. Colección nexos, 195 p.
- Marchant, I; E. García Rivas; M. González Ortega; P. Chung Guin-Po; H. Soto Guevara. 2009. *Vivero forestal*. Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Centro tecnológico de la planta forestal. Gobierno de Chile, INFOR.
- Martínez, P. F.; D. Roca. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. *En*: Florez R. V. J. (Ed.). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. 37-77 p.
- Mendoza, C.; M. Turrión; P. Aceñolaza; J. Gallardo & V. Pando. 2014. Nutrient resorption in dominant species of forests in the 'Espinal Mesopotámico' (Argentina). *Bosque* 35(2):185-193.
- Mexal, G y T. Landis, 2012. Nutrición. *En*: Contardi, L.; H. Gonda; G. Tolone; G. Salimbeni. *Producción de plantas en viveros forestales*. Colección nexos, p101-112.
- Morello, J. 2012. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Morello, J.; S. Matteucci; A. Rodríguez (eds.) 1ª ed. Orientación Grafica Editora, Buenos Aires. 752 p.; 26x17 cm. ISBN 978-987-1922-00-0.
- Murphy, J. and J. Riley. 1962. A modifies single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal- Chim. Acta* 27 31-36.
- Navarro, R.; A. Del campo y J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. Cap. 2 y 4 *En*: *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos*. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Oliet, J.; A. Valdecantos; J. Puértolas y R. Trubat. 2006. Influencia del estado nutricional y el contenido en carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones, Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Naturaleza y Parques Nacionales, *Serie forestal Ministerio de Medio Ambiente*, Madrid, España (5): 89.
- Reyes, J.; L. A. Aldrete; V. M Cetina Alcalá y J. López Upton. 2005. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *Apulencis* en sustratos a base de aserrín. *Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Universidad Autónoma Chapingo, México, XI (2):105-110.

- Sabogal, C.; C. Besacier y D. Mc Guire. 2015. Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. *Unasyuva* 245(66):3-10.
- Salto, C.; L. Harrand; G. Oberschelp y M. Ewens. 2016. Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque* 37 (3):527-537, DOI: 10.4067/S0717-92002016000300010.
- Taleisnik, E. y López Launestein D. 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral* 21:3-14. Asociación Argentina de Ecología.
- Toral, M. 1997. *Concepto de calidad de plantas en viveros forestales*. Documento Técnico N°1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco, SEDER- Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco, México.



TRABAJO CIENTÍFICO

# Crecimiento inicial de seis especies forestales nativas en el departamento de Cusco, Perú

*Initial growth of six native forest species in the department of Cusco, Peru*

Huamán Yaurivilca, H.<sup>1</sup>

Recibido en julio de 2020; aceptado en octubre de 2021

## RESUMEN

La deforestación anual en el Perú se ha incrementado a un ritmo veloz y se desconoce el comportamiento de las especies nativas forestales para su repoblación. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de seis especies forestales nativas en el Centro Experimental Samaniato, departamento del Cusco. El experimento se instaló bajo un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar con seis tratamientos (especies) y tres repeticiones, siendo el T1: *Colubrina glandulosa* (shaina); T2: *Cedrela odorata* (cedro); T3: *Schizolobium amazonicum* (pashaco rojo); T4: *Copaifera officinalis* (copaiba); T5: *Parkia sp* (tarun tarun) y T6: *Swietenia macrophylla* (caoba). Los parámetros evaluados fueron: altura total (hT), diámetro al ras del suelo (DARs), porcentaje de supervivencia, Incremento Medio Anual (IMA) tanto para la altura y DARs. Se realizó un análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tukey, procesados mediante el software estadístico InfoStat versión 2018p. Los resultados encontrados mostraron diferencias significativas para las variables altura total y diámetro al ras del suelo, siendo los que obtuvieron los mayores porcentajes *Schizolobium amazonicum* y *Colubrina glandulosa*. Con respecto al porcentaje de supervivencia, los mayores valores se hicieron presentes en *Schizolobium amazonicum* (71 %), *Parkia sp.* (62 %) y *Colubrina glandulosa* (60 %). Los mayores IMA para altura lo obtuvieron *Schizolobium amazonicum* (4,20 m) y *Colubrina glandulosa* (2,93 m) e IMA DARs *Schizolobium amazonicum* (6,03 cm) y *Colubrina glandulosa* (3,0 cm). Las especies Forestales *Schizolobium amazonicum* y *Colubrina glandulosa* tienen un buen comportamiento inicial con respecto a la adaptación y crecimiento rápido.

**Palabras claves:** Incremento Medio Anual, *Schizolobium amazonicum*, VRAEM, forestales.

## ABSTRACT

Annual deforestation in Peru has increased at a rapid rate and the behavior of native forest species for repopulation is unknown. The objective of this work was to evaluate the behavior of six native forest species in the Samaniato Experimental Center, in the Department of Cusco. The experiment was carried out under a Completely Random Blocks experimental design with six treatments (species) and three repetitions, being T1: *glandulose colubrin* (shaina); T2: *Cedrela odorata* (cedar); T3 *Schizolobium amazonicum* (red pashaco); T4: *Copaifera officinalis* (copaiba); T5: *Parkia sp* (tarun tarun) and T6: *Swietenia macrophylla* (mahogany). The parameters evaluated were total height (hT), ground level diameter (DARs), survival percentage, and Average Annual Increase (IMA) for both height and DARs. An analysis of variance and multiple Tukey's comparisons were performed and then processed using the 2018p InfoStat statistical software. The results showed significant differences for total height and ground level diameter, being the highest percentages those of *Schizolobium amazonicum* and *Colubrina glandulosa*. As to the survival percentage, the highest values occurred for *Schizolobium amazonicum* (71 %), *Parkia sp.* (62 %) and *Colubrina glandulosa* (60 %). The highest IMA for height were for *Schizolobium amazonicum* (4.20 m) and *Colubrina glandulosa* (2.93 m) and IMA DARs *Schizolobium amazonicum* (6.03 cm) and *Colubrina glandulosa* (3.0 cm). Both *Schizolobium amazonicum* and *Colubrina glandulosa* showed good initial behavior concerning adaptation and rapid growth.

**Key words:** Average Annual Increase, *Schizolobium amazonicum*, VRAEM, forestry..

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación Agraria, Cusco, Perú. <https://orcid.org/0000-0001-9813-9024>  
E-mail: 20190580@lamolina.edu.pe

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las estrategias para la recuperación de suelos degradados son las plantaciones forestales de buen crecimiento, con plantaciones puras y mixtas con especies nativas que tienen potencial para recuperar terrenos degradados y a su vez representan una alternativa económica con beneficio para los agricultores Alice *et al.* (2004).

Actualmente se desconoce el comportamiento de especies nativas forestales en cuanto a sobrevivencia, crecimiento y productividad (Aguirre *et al.*, 2012). El comportamiento inicial de especies forestales nativas es importante ya que resulta una oportunidad para asegurar la supervivencia y evaluar especies que más se adapten a ciertos lugares garantizando el éxito de las plantaciones forestales y de esa manera disminuir pérdidas económicas (González *et al.*, 2018),

En ese sentido en Colombia se estudió el comportamiento inicial y supervivencia de *Hymenaea oblongifolia*, especie forestal nativa, encontrando para supervivencia y altura no se encontraron diferencias estadísticas significativas y con respecto al diámetro si se presentaron diferencias estadísticas significativas (Torrez-Torrez *et al.*, 2018).

Por otro lado, en Guatemala se realizó la evaluación del crecimiento de una especie forestal Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder), los resultados arrojaron que el mayor crecimiento se presentó a los 82 días y cuando este se encontraba asociado con arrayán y musgo (Bonilla-Landaverry y González-Sánchez, 2016).

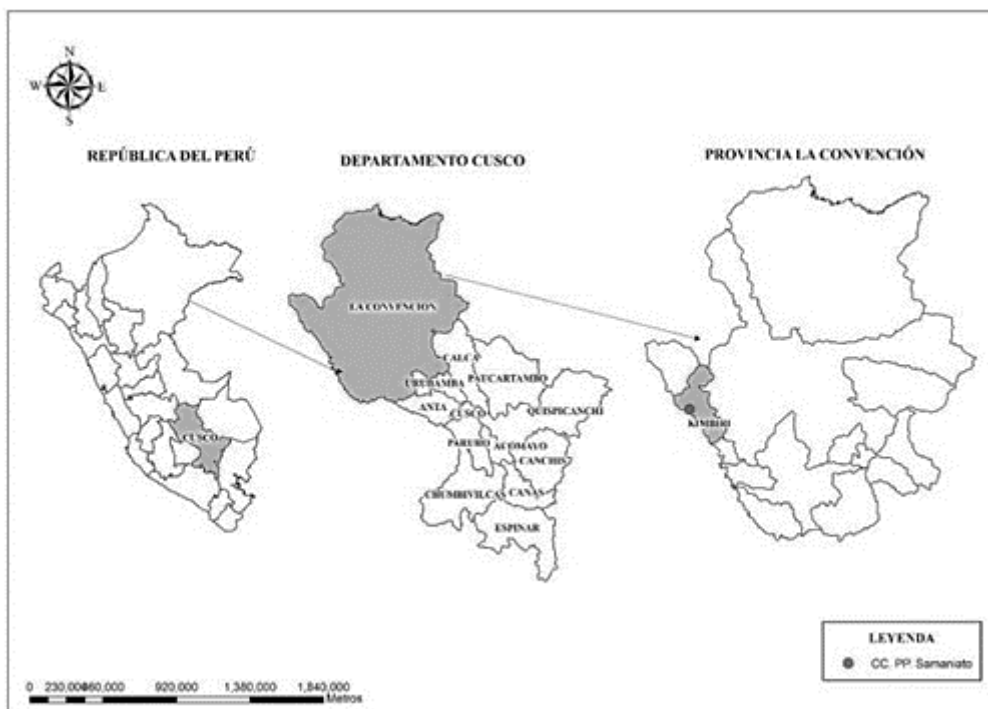
Por su parte en Perú también se realizó un estudio sobre el crecimiento de la especie maderable “tornillo”, para determinar el tiempo óptimo para su trabajabilidad, recomendado el uso de esta especie a partir de los 15 años según los resultados encontrados, surgiendo como una alternativa en la gestión de plantaciones forestales (Baluarte, 2019).

En el Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro, las plantaciones forestales son administradas por propietarios privados y en mayor escala por programas estatales que entregan plantones a los productores con el fin de incrementar sus ingresos económicos por la venta de madera y de esta forma contribuir con la mitigación de las implicaciones ambientales y la mejora de la calidad de vida del productor Vraíno. Sin embargo, estas plantaciones forestales se llevan a cabo con especies sin tener conocimiento sobre el estado de domesticación, interacción con el medio ambiente, técnicas de manejo, patrón de crecimiento y comportamiento silvicultural en cuanto se refiere a parámetros dasométricos como altura, (H) diámetro (D), diámetro al ras del suelo (DARs), porcentaje de sobrevivencia e incremento media anual (IMA) (Coronado y Prato, 2018), trayendo como consecuencias plantaciones con diversas limitaciones, como rezagados por bajo crecimiento; enfermos, por ataque de diversas plagas y enfermedades; y muertos por deficiencia de nutrientes de los suelos. Por ello es necesario incrementar la investigación en múltiples aspectos de la silvicultura de las especies en estudio (González *et al.*, 2018), en ese contexto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento inicial de seis especies forestales nativas en el departamento de Cusco.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El presente trabajo de investigación se encuentra localizado en el Centro Experimental Samaniato de la EEA Perla del VRAEM del INIA, ubicado a 2,0 km aproximadamente del Centro Poblado Samaniato, distrito de Kimbiri, en el km 20,5 de la carretera Kimbiri - Villa Kintiarina en la provincia de la Convención, región Cusco (Figura 1). El área de estudio se caracteriza por presentar suelos deficientes en materia orgánica, suelos arcillosos y compactos y ácidos.



**Figura 1.** Localización del área de estudio

### Selección de plántones

Se seleccionaron plántones que presentaron el mejor estado de vigor y sanidad; con una altura de planta de 30 cm y el diámetro de 1 cm, para ser conducidos al campo definitivo los cuales fueron: *Colubrina glandulosa* (shaina), *Cedrela odorata* (cedro), *Schizolobium amazonicum* (pashaco rojo), *Copaifera officinalis* (copaiba), *Parkia sp* (tarun tarun) y *Swietenia macrophylla* (caoba).

### Preparación del terreno y apertura de hoyos

Se inició con la limpieza de todo el campo experimental para realizar el trazado y hoyado. El trazado se realizó a través del método “3-4-5” y se colocó los postes de forma lineal a 3 m x 3 m de línea y línea y 3 m x 3 m entre poste, el hoyado se realizó de manera manual con dimensiones de 30 cm ancho x 30 cm longitud x 30 cm profundidad. La plantación se llevó a cabo colocando tierra orgánica al fondo del hoyo, seguidamente se colocó la planta en el centro del mismo hoyo y se realizó una ligera compactación a fin de evitar bolsas de aire en el interior del hoyo y de facilitar la concentración e infiltración del agua.

### Instalación y diseño del experimento

El establecimiento de la plantación experimental se llevó a cabo en el mes de febrero del 2016 con seis especies forestales, instaladas bajo un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA). Cada tratamiento contó con 15 plantas y 3 repeticiones, haciendo un total de 45 plantas por cada tratamiento y 270 plantas en todo el experimento forestal.

Las especies forestales representaron los tratamientos donde T1 (*Colubrina glandulosa*), T2 (*Cedrela odorata*), T3 (*Schizolobium amazonicum*), T4 (*Copaifera officinalis*), T5 (*Parkia sp.*) y T6 (*Swietenia macrophylla*). La superficie total del experimento fue de 2218,50 m<sup>2</sup>.

### Parámetros evaluados en las especies maderables

Se evaluaron las siguientes variables: a) altura total de las especies (hT) en metros (m), se evaluó el comportamiento de la altura evaluado desde la superficie del suelo hasta la parte final de la copa del árbol con el transcurrir del tiempo (12, 18, 22, 24, 29 y 36 meses de edad) y una altura final; b) diámetro al ras del suelo (DARs) en centímetros, esta variable se realizó con la ayuda de una cinta métrica tomando la circunferencia al ras del suelo y se dividieron entre estos valores entre  $\pi = 3,1416$  para convertirlo en diámetro al ras del suelo; c) porcentaje de sobrevivencia (%) y d) Incremento Medio Anual (IMA) que se obtuvo de la suma de los valores obtenidos al cabo de 12 meses, 24 meses y 36 meses divididos entre el número de años evaluados que en este caso fue tres años, determinando de esta manera el IMA de las variables como altura y DARs.

### Análisis estadístico

Se realizaron las pruebas de Shapiro Wilk para contrastar la normalidad de los datos y la prueba de Levene para verificar la homogeneidad de varianzas para las variables: altura total de las especies, diámetro al ras del suelo, porcentaje de sobrevivencia, incremento medio anual para DARs, Incremento Medio Anual para altura, una vez contrastada estos supuestos se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas a nivel de bloques y tratamientos y la comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para ver diferencias entre tratamientos. Los datos fueron analizados con el software Infostat versión 2018p. (Di Rienzo *et al.*, 2011).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura total de las especies (hT)

Los resultados encontrados a lo largo del crecimiento en el tiempo para la variable altura de planta (m), de las especies forestales durante 8 evaluaciones (2, 4, 12, 18, 22, 24, 29 y 36 meses de edad) indicaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ). A los 12 meses de edad la especie *Colubrina glandulosa* obtenía una mayor altura con 2,6 m comparativamente al *Schizolobium amazonicum* con una altura de 2,5 m. A partir del mes 18 *Schizolobium amazonicum* inicia un mayor crecimiento de altura con respecto a las demás especies obteniendo un significativo crecimiento a los 29 y 36 meses de edad (Figura 2), este tipo de comportamiento en alturas se debe a que esta especie tiene un rápido crecimiento con potencial forestal y por ser una especie con gran ventaja de adaptabilidad (Baptista *et al.*, 2018).

La altura final corresponde al mes 36 de evaluación donde se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para las 6 especies evaluadas. La especie *Schizolobium amazonicum* y *Colubrina glandulosa* alcanzaron los valores más altos 12,58 m y 8,76 m respectivamente comparados con las demás especies como *Parkia sp.*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Swietenia macrophylla* y *Copaifera officinalis* (Figura 3a y 3b). Estos resultados que sobresalen en crecimiento se deben a que son especies nativas de selva alta, adaptadas a condiciones ambientales de clima y suelos característicos de bosques secundarios donde se encuentra instalada el experimento forestal, estos resultados son similares a lo obtenido por Rondon (2002) quien evaluó árboles de *Schizolobium amazonicum* obteniendo una altura promedio de 4,0 m a los 18 meses de edad.

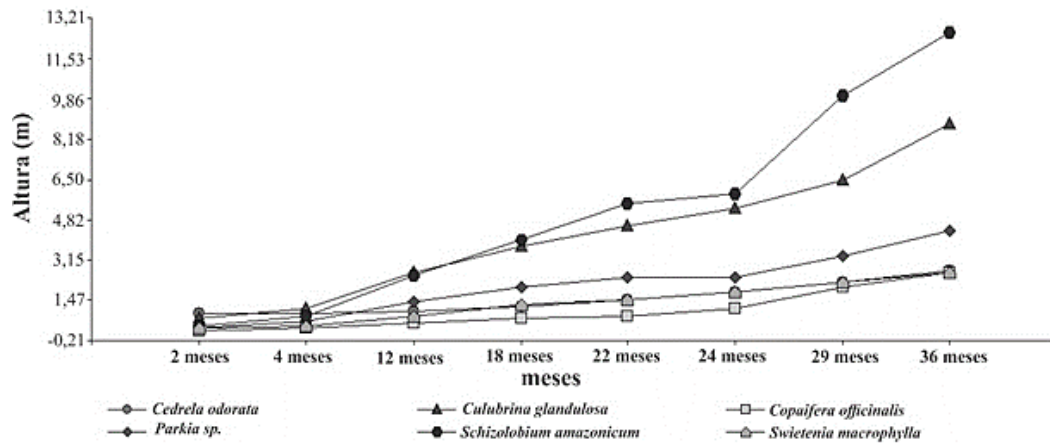


Figura 2. Curva de crecimiento de altura (m) de seis especies forestales durante 8 evaluaciones.

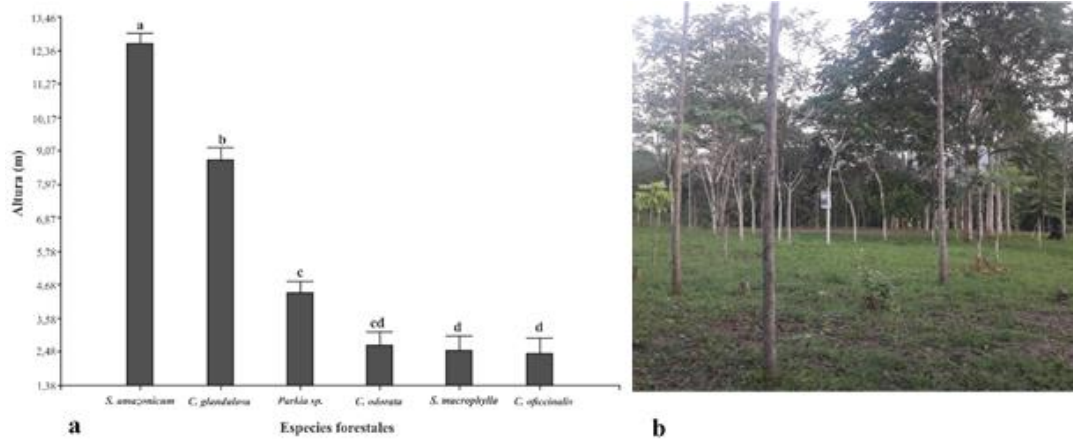


Figura 3. a. Crecimiento de altura (m) de seis especies forestales a 36 meses de edad, b. Experimento forestal en la localidad Samaniato, distrito Kimbiri – VRAEM.

### Diámetro al ras del suelo (DARs)

Los resultados obtenidos referentes al crecimiento de Diámetro al Ras del suelo de las seis evaluados durante 36 meses mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre especies forestales, donde *Schizolobium amazonicum* obtuvo el mayor crecimiento en DARs con 9,20 cm, seguido de *Colubrina glandulosa* 5,79 cm, *Parkia sp.* con 5,35 cm y el menor valor fue obtenido por *Copaifera officinalis* con 2.19 cm (Figura 4). Esta diferencia entre especies se debe a sus características genotípicas y fenotípicas diferentes, donde *Schizolobium amazonicum* tiene mejor adaptación y comportamiento en ambientes naturales (Fontana *et al.*, 2020).

Los resultados encontrados para esta variable a los 36 meses de edad mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.001$ ), siendo la especie *Schizolobium amazonicum* la que obtuvo el mayor valor con 18,10 cm de DARs seguidamente de *Colubrina glandulosa* y *Parkia sp.* con 8,99 cm y 8,92 cm respectivamente. Finalmente, tres especies compartieron características similares con respecto al DARs siendo *Swietenia macrophylla*, *Copaifera officinalis* y *Cedrela odorata* con 4,14 cm, 4,08 cm y 3,96 cm respectivamente (Figura 5). Esto se debe a la correlación que presentan entre la dimensión de la copa, diámetro a la altura de pecho y altura total del forestal para una especie dada (Pérez *et al.*, 2017) como es el caso de la especie de *Schizolobium amazonicum* observándose que a mayor copa del árbol mayor es el DARs.

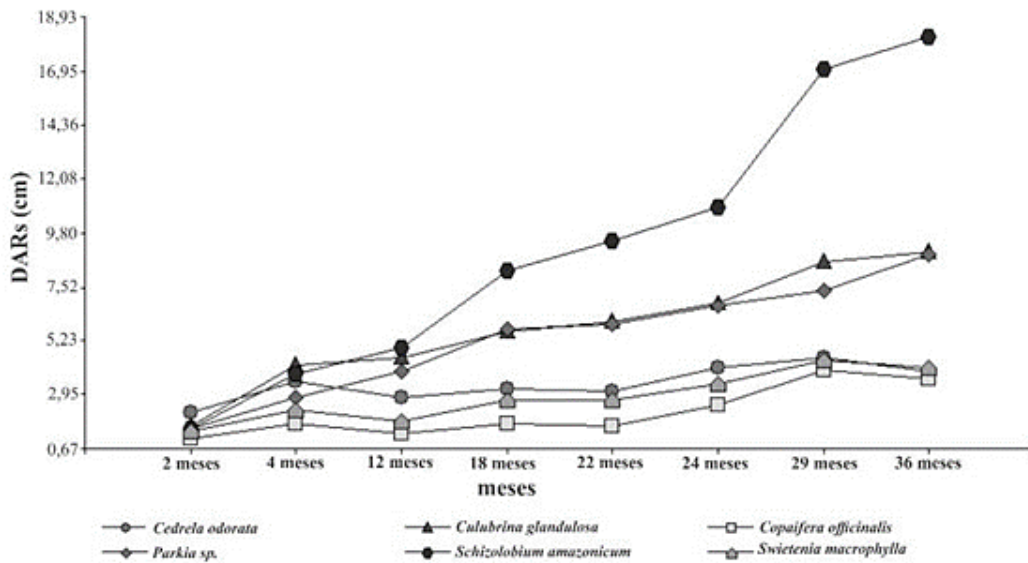


Figura 4. Curva de crecimiento de diámetro al ras del suelo (DARs) (cm)

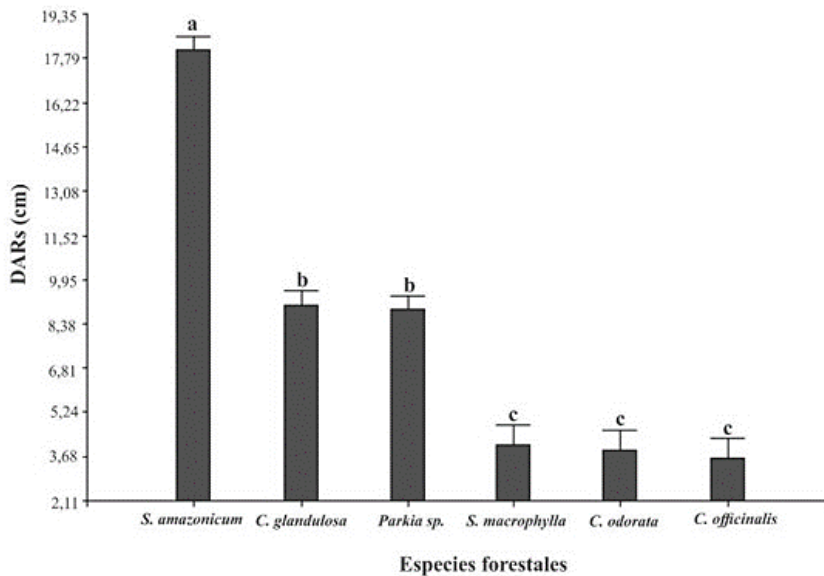


Figura 5. Diámetro al Ras del Suelo (DARs) (cm) de seis especies forestales a 36 meses de edad.

### Porcentaje de sobrevivencia

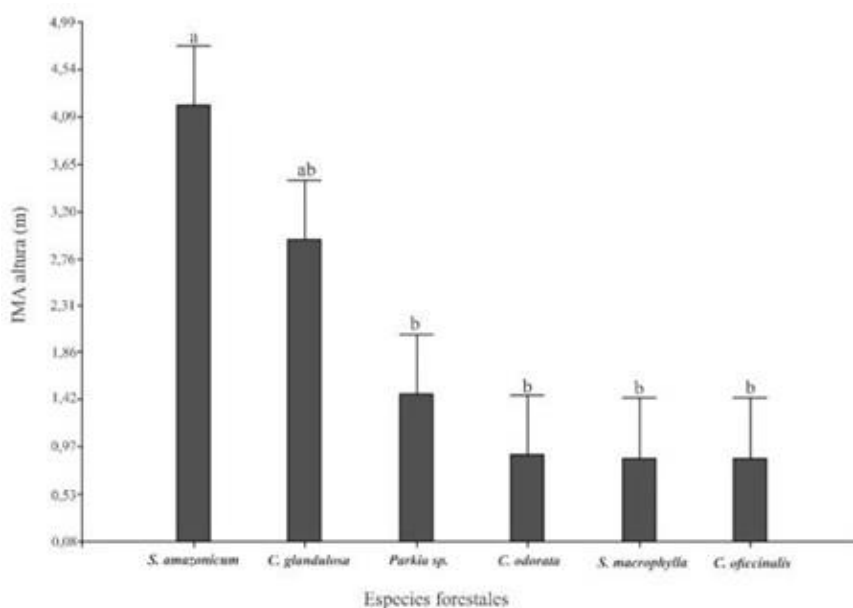
En general, el porcentaje de sobrevivencia mostró que está relacionado directamente a los resultados biométricos de altura y diámetro al ras del suelo. Donde los mayores valores de altura y DARs obtenidos por las especies *Schizolobium amazonicum*, *Parkia sp* y *Colubrina glandulosa* también obtienen los mayores porcentajes de sobrevivencia con 71 %, 62 % y 60 % respectivamente. La sobrevivencia obtenida por *Schizolobium amazonicum* sería catalogado como aceptable, como lo manifiestan Aguirre y León (2012), que supervivencias superiores a 70 % pueden ser consideradas aceptables y, que las especies han superado el estrés de la plantación, demostrando el nivel de adaptabilidad a las condiciones de sitio donde están plantadas. De forma similar los menores valores biométricos fueron obtenidos por las especies *Cedrela odorata*,

*Swietenia macrophylla* y *Copaifera officinalis* con menores porcentajes de sobrevivencia con 47%, 29 % y 29 % respectivamente a 36 meses de edad.

Uno de los factores que afectaron el porcentaje de sobrevivencia para las especies *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* es el ataque de la polilla *Hypsiphylia grandella*. Así mismo, los factores que afectaron la sobrevivencia de la especie *Copaifera officinalis* fueron las condiciones adversas de clima y suelo ya que es característico de bosque húmedo tropical.

### Incremento Medio Anual (IMA) para altura

La comparación de los valores encontrados para IMA altura en las 6 especies estudiadas mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), los mayores IMA variable altura se registró para *Schizolobium amazonicum* con 4,20 m, seguido de *Colubrina glandulosa* con 2.93 m y *Parkia sp.* con 1,47 m (Figura 6). Los menores valores de IMA variable altura corresponden a las especies *Acrocarpus fraxinifolius*, *Copaifera officinalis* y *Swietenia macrophylla* con 0,90 m; 0,87 m; 0,87 m respectivamente. El IMA en altura de las seis especies establecidas en el año 2016 demuestran gran variación en su incremento, así en el año 2018 cuatro especies presentan bajos valores de IMA y dos especies destacan en su IMA (valores altos); este resultado confirma lo expuesto por Arias (2004), quien indica que el crecimiento se ve afectado por las características genéticas de la especie, la calidad del sitio y la densidad de la plantación. Las distintas condiciones biofísicas encontradas en los sitios del establecimiento de las especies forestales influyen en el Incremento Medio Anual (González-Rojas *et al.*, 2017).

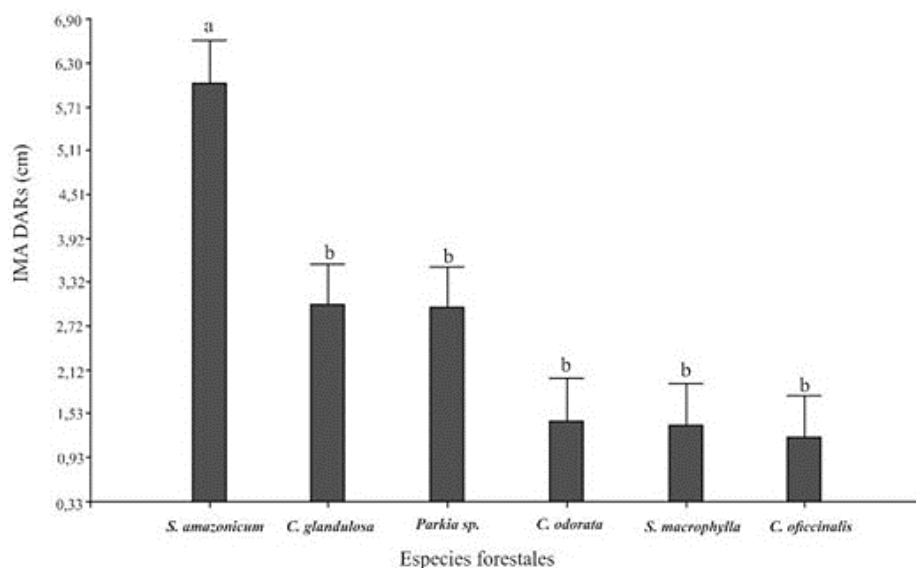


**Figura 6.** Incremento Medio Anual (IMA) de altura (m) de 6 especies forestales en la localidad de Samaniato, distrito de Kimbiri - VRAEM.

### Incremento IMA para DARs

Los valores reportados para las 6 especies evaluadas mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0,001$ ), los mayores valores corresponden a las especies *Schizolobium amazonicum* con 6,03 cm seguido de las especies *Colubrina glandulosa* y *Parkia sp.* con 3,0 cm y 2,97 cm respectivamente. Los menores valores de IMA DARs corresponden a *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* con 1,43 cm y 1,37 cm respectivamente y finalmente *Copaifera officinalis* obtiene el valor más bajo con 1.2 cm (Figura 7). Aguirre *et al.* (2014) da a conocer que la especie *Swietenia macrophylla* obtiene un IMA de altura de 0,92 m y un DAP de 1,10 cm; este resultado concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación. En la presente investigación los mejores valores fueron para los primeros años lo que se corrobora con lo

mencionado por León-Sánchez *et al.* (2016) quienes mencionan el diámetro de una especie forestal tiene un aumento lineal y comienza a disminuir su ritmo de crecimiento en una etapa superior (mayor edad).



**Figura 7.** Incremento Medio Anual (IMA) de Diámetro al Ras del suelo (DARs) (cm) de 6 especies forestales.

#### 4. CONCLUSIONES

El resultado encontrado en el comportamiento inicial de las 6 especies evaluadas a los 3 años de edad, indicó que existen diferencias estadísticas significativas en los parámetros evaluados como altura total, Diámetro al Ras del Suelo, porcentaje de supervivencia, Incremento Medio Anual con respecto a altura y Diámetro al Ras del suelo, siendo las especies con mejores parámetros *Schizolobium amazonicum* (pashaco rojo) y *Colubrina glandulosa* (shaina) en relación a las demás especies evaluadas que no lograron un crecimiento y desarrollo adecuado debido a diversos factores adversos como clima, suelo y ataque de plagas.

Los estudios de comportamiento inicial de las especies forestales se tornan importantes en áreas y especies poco conocidas, ya que sólo de esa manera se conoce a qué especies responder mejor a las características donde fueron plantadas. Es necesario realizar trabajos de investigación referidos a la aplicación de tratamientos de fertilización para lograr un crecimiento adecuado y de esta manera evitar y/o reducir esfuerzos e inversiones forestales fallidas.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, N.; L. Ordóñez y R. Hofstede. 2012. *Comportamiento inicial de especies forestales plantadas en el Páramo*. [en línea]. Fecha de consulta: Junio 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Nikolay\\_Aguirre/publication/260059128\\_COMPORTEMIENTO\\_INICIAL\\_DE\\_ESPECIES\\_FORESTALES\\_PLANTADAS\\_EN\\_EL\\_PARAMO/links/0deec52f3c3e63071d000000/COMPORTEMIENTO-INICIAL-DE-ESPECIES-FORESTALES-PLANTADAS-EN-EL-PARAMO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nikolay_Aguirre/publication/260059128_COMPORTEMIENTO_INICIAL_DE_ESPECIES_FORESTALES_PLANTADAS_EN_EL_PARAMO/links/0deec52f3c3e63071d000000/COMPORTEMIENTO-INICIAL-DE-ESPECIES-FORESTALES-PLANTADAS-EN-EL-PARAMO.pdf)
- Alice, F.; F. Montagnini; M. Montero 2004. Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales en la estación biológica la selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(2):61-71.

- Aguirre, M. Z.; O. T. Gaona; y H. B. Palacios. 2014. Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ* 4 (1):62-75.
- Aguirre, Z. y N. León. 2012. Conocimiento inicial de la fenología y germinación de diez especies forestales nativas en el Padmi, Zamora Chinchipe. *Revista CEDAMAZ* 2 (1):63-72.
- Arias, D. 2004. Estudio de las relaciones altura - diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Kurú* 1(2):1-11.
- Baluarde, J. 2019. El control de calidad de la madera de plantaciones, una alternativa para alentar el cultivo de árboles de especies forestales maderables, estudio de caso de *Cedrelinga catenaeformis* "tornillo". *Revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana* 28 (1):43-51.
- Baptista, G.; B. Rocha; J. Oliveira, D. Ransolin. 2018. Physical and mechanical properties of juvenile *Schizolobium amazonicum* wood. *Revista árbore* 42 (1):1-9.
- Bonilla-Landaverri, G. A. y S. Y. Gonzales-Sánchez. 2016. Evaluación del crecimiento e Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) a través de plantas nodrizas. *Ciencia, Tecnología y Salud* 3 (2):1-10.
- Coronado, R. A. y A. I. Prato. 2018. Identificación y crecimiento inicial de especies forestales usadas para el curado de Tabaco Virginia. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10 (51):68-85.
- Fontana, M. L.; V. R. Pérez y C. V. Luna. 2020. Efecto de la procedencia sobre el comportamiento productivo de *Prosopis alba* en plantación. *Acta agronómica* 69 (1):68-74.
- González, M. V.; V. H. Eras; J. Moreno; C. Valarezo. 2018. Comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco, en un huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepampa, provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero* 8(1):1-16.
- González-Rojas, M.; R. Murillo-Cruz; E. M. Virgilio-Fiho y C. Ávila-Arias. 2017. Influencia de factores biofísicos y de manejo en el crecimiento de *Cedrela odorata* L. en asocio con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana KURÚ* 15 (36):46-58.
- León-Sánchez, M. A., Reyes-Pozo, J. L., Herrero-Echevarría, G. y Pérez-León, V. E. 2016. Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro y altura de *Pinus caribaea* en plantaciones del occidente de Cuba. *Madera y bosques* 22 (3): 87-101.
- Nepstad D. C.; C. M. Stickler; B. Soares-Filho y F. Merry. 2008. Interacciones entre el uso del suelo, los bosques y el clima en el Amazonas: perspectivas de un punto de inflexión en el bosque a corto plazo. *Transacciones filosóficas de la Royal Society Biological Sciences* 363 (1498):1737-1746.
- Pérez, Y. L.; R. Reyes y C. Ríos. 2017. Variables dasométricas relacionadas con la productividad de *Acacia mangium* Willd. *Revista Centro Agrícola* 44 (2):14-21.
- Rondon, E. V. 2002. Producao de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Hubert) Ducke sob diferentes espacamentos na regio de mata. *Revista Árvore* 26 (5):573-576.
- Tiria, L. N.; J. S. Bonilla; C. A. Bonilla. 2018. Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguizamo, Putumayo (Colombia). *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 27 (2):286-300.
- Torrez-Torrez, J. J.; H. H. Medina-Arroyo y M. Martínez-Guardia. 2018. Germinación y crecimiento inicial de *Hymenaea oblongifolia* Huber en el municipio de Istmina, Chocó, Colombia. *Entramado* 28(2):230-242.
- Di Rienzo, J.; F. Casanoves; M. Balzarini; C. Robledo. 2011. InfoStat Software Estadístico versión 2011. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.



NOTA TÉCNICA

## Germinación de *Chusquea culeou* E. Desv. (Poaceae): especie multipropósito, endémica de Argentina y Chile

*Germination of Chusquea culeou* E. Desv. (Poaceae): multipurpose species, endemic of Argentina and Chile

Rovere, A. E.<sup>1</sup> y S. Molares<sup>2</sup>

Recibido en septiembre de 2020; aceptado en octubre de 2021

### RESUMEN

*Chusquea culeou* E. Desv. (Poaceae) es una hierba subleñosa perenne, endémica de los bosques templados de Argentina y Chile. Las cañas de esta planta son simples, macizas y resistentes. Estas características han sido aprovechadas por poblaciones patagónicas desde tiempos prehispanicos, mientras que su valor para la industria del papel y construcción está en desarrollo. Sin embargo, esta multiplicidad de usos está sistematizada escasamente, mientras que sus poblaciones silvestres son las que se aprovechan, prácticamente sin manejo. Los objetivos fueron: 1) evaluar los requerimientos germinativos de *Chusquea culeou* a los fines de aportar información para su propagación y cultivo, y 2) revisar y sistematizar sus usos contemporáneos. Las hipótesis generales señalan que las semillas de *Chusquea culeou* son ortodoxas, poseen dormancia de tipo fisiológica; y que, dadas las cualidades de resistencia y ligereza de sus cañas, es una especie multipropósito. Se evaluó el porcentaje de germinación de un control (C) y de tratamientos pre-germinativos: estratificación húmeda fría corta de 30 días (EHF30) y estratificación húmeda fría larga de 90 días (EHF90). La revisión bibliográfica incluyó artículos de ciencias agrarias, etnobotánica y antropología. Para los tratamientos de laboratorio los porcentajes de germinación fueron elevados (84 % EHF30, 76 % EHF90) y similares al C (72 %). *Chusquea culeou* es una especie multipropósito, destacan los usos artesanales, comestibles y para la construcción. En conclusión, *C. culeou* carece de mecanismos de dormición bajo las condiciones experimentales, aspecto que, sumado a la multiplicidad de usos, la convierte en una especie de interés para su cultivo y aprovechamiento integral.

**Palabras clave:** caña colihue; conservación; dormición; propagación; usos; patagonia.

### ABSTRACT

*Chusquea culeou* E. Desv. (Poaceae) is a sub-woody perennial herb, endemic to the temperate forests of Argentina and Chile. Its canes are simple, solid and resistant. Even though these characteristics have been used by Patagonian populations since prehispanic times, their value for the paper and construction industry is under development. However, this multiplicity of uses is scarcely systematized, while its wild populations are exploited, practically without management. The objectives of this paper were: 1) to evaluate the germination requirements of *Chusquea culeou* in order to provide information for its propagation and cultivation, and 2) to review and systematize its contemporary uses. The general hypotheses indicate that the seeds of *Chusquea culeou* are orthodox and have a physiological dormancy and, it is a multipurpose species because of the resistance and lightness of its canes. The germination percentage of a control (C) along with 30 day short cold wet stratification (EHF30) and 90 day long cold wet stratification (EHF90) pre-germination treatments were evaluated. The bibliographic review included articles from agrarian sciences, ethnobotany, and anthropology. The laboratory treatments gave high germination percentages (84 % EHF30, 76 % EHF90) and similar to C (72 %). *Chusquea culeou* is a multipurpose species whose craft, edible and construction uses stand out. In conclusion, *C. culeou* lacks dormancy mechanisms for the present experimental conditions, an aspect that, added to its multiplicity of uses, makes it a species of interest for its cultivation and integral use.

**Keywords:** Colihue cave; Conservation; Dormancy; Propagation; Uses; Patagonia.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250. 8400. San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. E-mail: adrirovere@gmail.com

<sup>2</sup> Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Roca 780. 9200. Esquel, Chubut, Argentina.

## 1. INTRODUCCIÓN

El género *Chusquea* Kunth (Poaceae: Bambusoideae) fue descrito en 1822, y corresponde a un taxón americano con unas 100 especies que habitan desde México hasta el sur de Argentina y Chile (Guerreiro *et al.*, 2011). En la Argentina fueron identificadas ocho especies: *C. culeou* E. Desv., *C. deficiens* Parodi, *C. lorentziana* Griseb., *C. montana* Phil., *C. ramosissima* Lindm., *C. tenella* Nees, *C. valdiviensis* E. Desv. (Morrone *et al.*, 2008) y *C. juergensii* Hack. (Lizarazu *et al.*, 2013), distribuidas en tres áreas geográficas del país: Noroeste, Noreste y sector Andino-patagónico, siempre en formaciones selváticas o bosques húmedos (Pérez y Aguirre, 2013).

*Chusquea culeou* ("caña colihue") es el bambú más difundido en los bosques templados del sur de Argentina y Chile (Barthelemy *et al.*, 2008), desde los 0 hasta los 2000 m s. n. m. Es una especie endémica que forma poblaciones puras en claros de bosque húmedo, o constituye el sotobosque denso de *Nothofagus* (Ezcurra y Brion, 2005). En Argentina crece en las provincias de Chubut, Neuquén y Río Negro. En Chile en las Regiones IV, VII, VIII, IX, X, XI (Zuloaga *et al.*, 2008). Desde el punto de vista botánico, es una hierba subleñosa perenne, provista de rizomas. Las cañas son simples, macizas, de 2 m a 8 m de altura, rectas o apenas arqueadas, de corteza lisa, muy resistentes, de 2 cm a 3,5 cm de diámetro en la base (Parodi, 1987). Las hojas nacen en los nudos y son linear-elípticas, de 2 cm a 8 cm de longitud, con el ápice rígido, envainadoras. El fruto es una cariopse arrugada (Hoffmann, 2005).

Los bambúes leñosos o subleñosos son parte de la cultura material de diversas poblaciones humanas de todo el mundo (González y González, 2006; Rodríguez *et al.*, 2010). La longitud, ligereza, resistencia y flexibilidad de las cañas, son algunas características físicas que las convierten en recursos buscados y seleccionados (Tacón *et al.*, 2006). En la Patagonia argentina, la importancia de *Chusquea culeou* se remonta a tiempos prehispánicos (Ciampagna, 2015). Por ejemplo, en Cueva Chenque Haichol (provincia de Neuquén), sitio próximo al área natural de distribución de la especie, se recuperó una caña decorada datada en 1.390 años AP (Ancibor, 1988). En Piedra del Águila (Neuquén), sobre la cuenca del Río Limay, un astil confeccionado con este vegetal fue hallado en un contexto de entre 2.180 y 1.080 años AP (Palacios, 2007). Otros macro-restos de *C. culeou* fueron hallados en áreas más distantes a su distribución natural, tales como un artefacto tipo intermediario en el sitio Cueva Galpón (provincia de Río Negro, 400 km del bosque), datado en  $3350 \pm 50$  años AP (Ciampagna, 2015). Estos hallazgos, entre varios otros, permitieron discutir sobre su versatilidad utilitaria y el valor como material de intercambio que tuvo entre los grupos de cazadores recolectores patagónicos (Ciampagna, 2015).

En la actualidad la extracción de cañas se produce a diferentes escalas, incluyendo la recolección por parte de productores primarios quienes sólo extraen las cañas de mayor tamaño para su propio uso o comercialización directa, y la cosecha a gran escala para la industria del papel y mueblería, actividad desarrollada principalmente en Chile (Tacón *et al.*, 2006). En ambos casos las cañas provienen de poblaciones silvestres, normalmente sin manejo. Si bien los efectos de estas formas de aprovechamiento sobre las poblaciones y la dinámica ecológica del bosque todavía no han sido estudiadas, podrían implicar una amenaza a la conservación de estos bienes ambientales (Vasisth *et al.*, 2016). Esto se complica aún más al considerar que luego de la floración masiva, la producción de cañas tarda varios años en comenzar nuevos ciclos de aprovechamiento (Tacón *et al.*, 2006).

En cuanto a la ecología reproductiva de *C. culeou* se conoce que es una especie semélpara, dado que tiene un único periodo reproductivo a lo largo de su vida (cada 70 años aproximadamente), durante el cual los individuos florecen masivamente, fructifican sincrónicamente y luego mueren (Begon *et al.*, 2006). En Bariloche (NO de Río Negro) la ante-última floración de *C. culeou* fue en el año 1939 y la última en el 2011 (Nuñez *et al.*, 2011; Molares y Gurovich, 2018; Ojeda y Chazarreta, 2018).

Los antecedentes respecto a las condiciones necesarias para promover la germinación en especies de *Chusquea* en Patagonia son inexistentes, debido a la limitada disponibilidad de semillas

impuesta por los ciclos reproductivos. El único reporte hasta la fecha corresponde a un ensayo sobre el efecto de la germinación de *C. culeou* en el desarrollo temprano de dos especies de *Nothofagus* (Dezzotti y Ponce, 2018). Es así que resulta prioritario conocer los requerimientos de germinación para su potencial viverización y cultivo.

En términos generales se conoce que las especies de Poaceae no presentan dormancia o solo pueden presentar dormancia física, de acuerdo a las condiciones en su área de distribución natural (Baskin y Baskin, 1998). Las cariopses no son impermeables al agua y por ello no presentan dormancia morfológica o morfofisiológica (Baskin y Baskin, 1998). A su vez, entre las especies leñosas del bosque templado austral, se ha registrado que gran parte de las especies arbóreas y arbustivas tienen requerimientos de estratificación húmeda fría (Rovere, 2006), vinculado a dormancia de tipo fisiológica (Masini *et al.*, 2014). Si bien *Chusquea* spp. pueden reproducirse vegetativamente a partir de los rizomas, la propagación a partir de semillas permite la reproducción de individuos genéticamente diferentes.

Entre las posibles estrategias de conservación y reintroducción de plantas, son particularmente importantes aquellas enfocadas en preservar la diversidad genética (Masini *et al.*, 2014), en especial de aquellas con interés cultural y económico (Rodríguez-Arévalo *et al.*, 2017; Ulian *et al.*, 2017). En este sentido, y de acuerdo a Ghimire *et al.* (2005), el diseño de prácticas de manejo sostenible no solo debiera fundamentarse en la ecología reproductiva de las especies de interés para su cultivo y restauración, sino también en las formas de uso y los valores culturales dentro del contexto de su explotación local. Nuestros objetivos fueron: 1) Evaluar los requerimientos pre-germinativos de *C. culeou* y la viabilidad de las semillas bajo condiciones de almacenamiento, a los fines de su conservación *ex situ* y cultivo, y 2) Relevar, sistematizar y cuantificar los usos contemporáneos de *C. culeou* en la Patagonia argentino-chilena. Las hipótesis generales señalan que *C. culeou* presenta semillas ortodoxas y con dormancia de tipo fisiológica. Dadas las cualidades de resistencia y ligereza de sus cañas, estas son las partes vegetales más frecuente y diversamente empleadas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de recolección de semillas y ensayos de laboratorio

En el mes de marzo de 2011 se cosecharon semillas de *C. culeou*, en poblaciones de los alrededores de Bariloche (41° 08' S y 71° 18' O) (última floración masiva en esta región de Argentina), que conformaban sotobosque de *Nothofagus dombeyi*. El clima es templado a frío y húmedo, y la vegetación dominante es la del bosque subantártico (Mermoz *et al.*, 2009).

Las semillas se recolectaron de 20 plantas, seleccionando individuos distanciados a más de 20 m, a fin de cosechar estructuras reproductivas de distintos ejemplares, dado que la especie frecuentemente se multiplica por rizomas. En el laboratorio las semillas se limpiaron de restos vegetales e insectos, y secaron a temperatura ambiente por un período de una semana, luego se almacenaron en bolsas de papel en heladera a 5 °C, en oscuridad, por un período de 2 - 3 meses (Rovere, 2006).

En el ensayo de germinación se evaluaron los siguientes tratamientos: C (control) = semillas sin ningún tratamiento; EHF30 (estratificación húmeda fría corta) = las semillas fueron estratificadas en bolsas plásticas entre capas de algodón húmedo, y se llevaron a heladera a 5 °C durante 30 días; y EHF90 (estratificación húmeda fría larga) = las semillas fueron estratificadas en bolsas plásticas entre capas de algodón húmedo, y se llevaron a heladera a 5 °C durante 90 días.

En el ensayo de germinación, para cada tratamiento y el control, se realizaron diez repeticiones de 30 semillas cada una. Las semillas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 2 % por 2 minutos, luego se enjuagaron durante 2 minutos bajo chorro de agua corriente y se

colocaron en cajas de Petri, sobre un disco de papel de filtro humedecido con agua destilada. Se colocaron en una cámara de germinación bajo condiciones controladas de luz y temperatura durante 90 días: 12 horas luz / 12 horas oscuridad, a 20 / 10 °C, respectivamente. Se controló la germinación semanalmente, regándose con agua destilada. El desarrollo de radícula fue el criterio considerado para definir como germinada a una semilla. Una vez finalizado el ensayo, se realizó la prueba de viabilidad de las semillas no germinadas (Gosling, 2003).

Para el análisis de los datos se realizó la transformación de los porcentajes de germinación con [arcoseno (porcentaje de germinación / 100)], a fin de cumplir con los requisitos de normalidad y homocedasticidad para la realización de un test ANOVA simple ( $\alpha < 0.05$ ) (Sokal y Rohlf, 1999).

Para el análisis de la viabilidad de las semillas en el tiempo, durante 9 años (2011 - 2020) se retiró cada año una muestra de 30 semillas cosechadas en 2011 y almacenadas a 5 °C en oscuridad. Cada año la muestra de 30 semillas se separó en 3 lotes y se evaluó la viabilidad mediante la Prueba Topográfica por Tetrazolio, siguiendo el procedimiento descrito por Masini *et al.* (2014).

Una vez concretados los objetivos del estudio, las plantas producidas fueron donadas para la ornamentación de jardines públicos y privados de Bariloche.

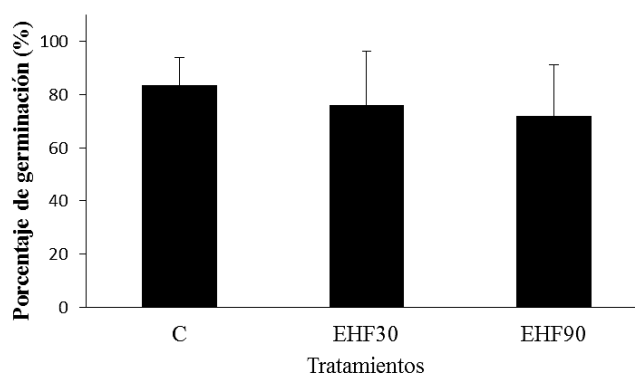
### Relevamiento y sistematización de usos

Los usos de la especie fueron obtenidos a partir de una revisión bibliográfica en las siguientes bases de datos: Scielo ([www.scielo.org](http://www.scielo.org)), Scopus ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), ScienceDirect ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)), ResearchGate ([www.researchgate.net/](http://www.researchgate.net/)) y Mendeley ([www.mendeley.com/](http://www.mendeley.com/)), utilizando el nombre de la especie como palabra clave. La información registrada fue la parte usada, formas de uso y otros datos de interés cuando estos estuvieron disponibles. Los usos fueron clasificados *ad hoc* para facilitar su análisis y discusión, en un total de siete categorías (estructural, medicinal, comestible, forrajero, artesanal, ornamental y herramientas) (Molares y Ladio, 2009).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

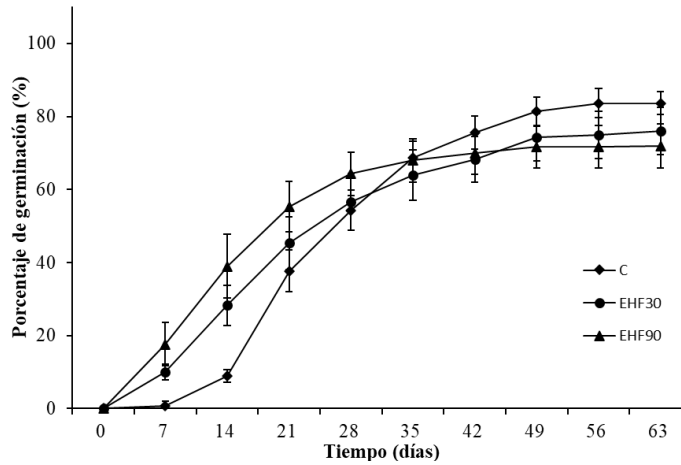
### Requerimientos germinativos

Los porcentajes de germinación fueron 84 %, 76 % y 72 % en el control, EHF30 y EHF90, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $F=0.77$ ,  $p=0.47$ ) (Figura 1).



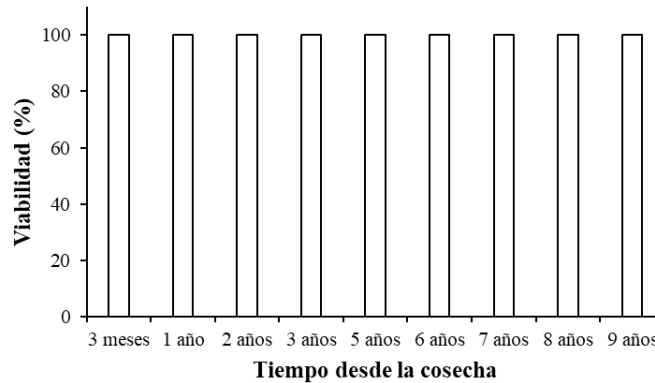
**Figura 1.** Porcentaje de germinación (media  $\pm$  1 desvío estándar) de *Chusquea culeou* en el control, estratificación húmeda fría corta durante 30 días (EHF30) y estratificación húmeda fría larga durante 90 días (EHF90).

Las curvas de germinación acumulada en función del tiempo para los diferentes tratamientos permitieron observar cualitativamente de qué manera se desarrolló el proceso de germinación durante los 60 días que duró el ensayo (Figura 2). La EHF90 fue la primera en germinar, seguida por la EHF30 y luego por el C, sin embargo, a los 35 días las curvas de germinación acumulada se igualaron y llegaron a los 60 días con similares porcentajes de germinación final.



**Figura 2.** Curvas de germinación acumulada (media  $\pm$  1 error estándar) de *C. culeou* en el control (C), estratificación húmeda fría corta durante 30 días (EHF30) y estratificación húmeda fría larga durante 90 días (EHF90).

En cuanto a la viabilidad de las semillas de *C. culeou* almacenadas, se mantuvo con valores de 100 % a lo largo de los 9 años postcosecha (Figura 3), indicando que las semillas son ortodoxas de acuerdo a la hipótesis planteada, pudiendo almacenarse con facilidad sin mostrar una disminución significativa de su viabilidad (Roberts, 1973).



**Figura 3:** Viabilidad por Tetrazolio (%) en semillas de *C. culeou*, para el año de cosecha (2011), y para nueve años post cosecha (2012-2020).

Los resultados coinciden con los obtenidos para otras Poaceae de la Patagonia, que señalan que sus semillas no requieren tratamiento previo y exhiben valores altos de germinación (Beider, 2012). A su vez, Baskin y Baskin (1998) mencionan que el 45 % de los bambúes no presentan dormancia, el 42 % presenta dormancia física y el 13 % morfológica o morfo-fisiológica, y que en general poseen valores altos de germinación. González (2001) menciona que luego del proceso de diseminación, las semillas de *C. culeou* sólo muestran un breve período de dormancia invernal, germinando masivamente en la primavera siguiente. Sin embargo, en el presente trabajo, la estratificación húmeda fría, no exhibió diferencias respecto al tratamiento control. Con base en

los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis planteada sobre los requerimientos pregerminativos vinculados a dormancia de tipo fisiológica.

### Los usos contemporáneos de *Chusquea culeou*

*Chusquea culeou* es una especie con alta versatilidad utilitaria (Tabla 1, Figura 4). Entre los usos más frecuentes y diversos están los artesanales, que requieren las cañas para la fabricación de muebles y otros objetos decorativos. Los usos comestibles son igualmente frecuentes, aunque menos diversos, en este caso las referencias bibliográficas mencionan el empleo de los cogollos tiernos en conserva, y menos frecuentemente, las semillas molidas como harina. Siguen en frecuencia los usos estructurales, para los cuales se seleccionan las cañas más largas y gruesas, las que son empleadas para construir infraestructuras de servicios domésticos. Luego la categoría de las herramientas, incluyendo bastones, lanzas, etc. realizadas con las cañas. Las categorías de usos con menor frecuencia de citas bibliográficas fueron la medicinal (exudados), ornamental (planta entera) y forrajera (hojas y cogollos) (Figuras 4 y 5). En base a estos resultados se confirma que *C. culeou* es una especie multipropósito, siendo las cañas las más frecuentemente citadas y diversamente empleadas.

**Tabla 1.** Usos de *Chusquea culeou* en el sur de Argentina y Chile, partes utilizadas y principales fuentes de referencia.

Partes usadas y usos	Referencias
<b>Cañas</b>	
Sillas, mesas, estantes, repisas.	Correa, 1978; Parodi, 1987; Brion <i>et al.</i> , 1988; Tacón, 2004; Hoffmann, 2005.
Bastones, lanzas.	Parodi, 1987; 1998; Hoffmann, 2005.
Cestería, adornos.	Brion <i>et al.</i> , 1988; Hoffmann, 2005.
Instrumentos musicales.	Moesbach, 1992; Hoffmann, 2005.
Techos, revestimientos, tutores de hortaliza, cercas.	Brion <i>et al.</i> , 1988; Moesbach, 1992; Rapoport <i>et al.</i> , 2003; Tacón, 2004.
<b>Planta entera</b>	
Ornato, cercos vivos.	Barthélémy <i>et al.</i> , 2008; Rovere <i>et al.</i> , 2013.
<b>Brotos (cogollos)</b>	
Comestibles crudos, asados, hervidos o en conservas.	Martínez-Crovetto, 1980; Ladio y Lozada, 2000; 2001; 2004; Rapoport <i>et al.</i> , 2003.
Forrajero.	Vila y Borrelli, 2011.
<b>Semillas molidas</b>	
Harina comestible.	Moesbach, 1992; Rapoport <i>et al.</i> , 2003.
<b>Exudados</b>	
Odontológico, oftalmológico.	Houghton y Manby, 1985; Rapoport <i>et al.</i> , 2003; Molares y Ladio, 2009.

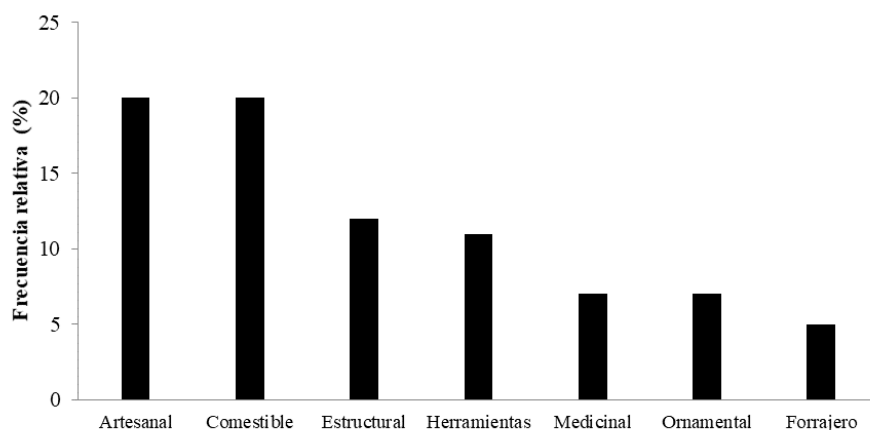


Figura 4. Frecuencia relativa para las categorías de usos de *Chusquea culeou*.



Figura 5. Usos de *Chusquea culeou*: a) y b) ornamental en jardines y cercos vivos, c) tutores de enredaderas u hortalizas, d) en la construcción de cercas, e) en revestimientos de techos, f) uso artesanal en la confección de bastones.

### **Aportes de los resultados a metas internacionales para la conservación de conocimientos locales y recursos vegetales**

Los resultados expuestos en este trabajo buscan ser un aporte al logro de la Meta Aichi 18: “Para el 2020, se respetarán los conocimientos, las innovaciones y las prácticas tradicionales de las comunidades indígenas y locales sobre los recursos biológicos, para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica” (Metas Aichi, 2017). Así mismo al objetivo 2.5 sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas: “Para el 2020, mantener la diversidad genética en semillas de plantas cultivadas y sus especies silvestres relacionadas, mediante la gestión y la diversificación de bancos de semillas a nivel nacional, regional e internacional, promover el acceso a la información, distribución equitativa de los beneficios derivados de los conocimientos tradicionales, y los recursos genéticos según lo acordado internacionalmente” (Sustainable Development Knowledge Platforms, 2017).

En este marco, por primera vez evaluamos aspectos de la germinación de las semillas de *Chusquea culeou* en vistas a su conservación *ex situ*, a las posibilidades de su almacenamiento y a la futura implementación de programas de cultivo. Estos conocimientos son muy escasos aún para especies nativas de Argentina (Rovere, 2006; Eynard *et al.*, 2017). La conservación *ex situ* de las especies nativas, así como el fomento de su cultivo pueden disminuir el impacto negativo de su sobreexplotación, siendo una actividad en creciente desarrollo en diversos lugares del mundo (Phondani *et al.*, 2016).

## **4. CONCLUSIONES**

*Chusquea culeou* es una especie multipropósito. Las cañas son las partes vegetales más frecuentemente citadas y diversamente empleadas, principalmente para la confección de artesanías y estructuras domésticas. Siguen en importancia los brotes tiernos comestibles.

Las pruebas de germinación permiten señalar que *C. culeou* no presenta mecanismos de dormancia fisiológica que deban ser superados mediante exposición de las cariopses a un tratamiento de estratificación húmeda fría. Estos resultados, sumados a su viabilidad en el tiempo (semillas ortodoxas) son estimulantes al considerar la posibilidad de su cultivo, el que podría dar respuestas tanto a las demandas locales como a las de la industria de la construcción y el papel, disminuyendo la presión de extracción sobre poblaciones silvestres.

Se destaca que la implementación efectiva de planes de cultivo y manejo *in situ* serán necesarios para que el desarrollo del comercio de estos PFNM concorra con las prácticas de pequeña escala, sin arriesgar su disponibilidad.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina, la Universidad Nacional del Comahue y el Proyecto PIP-0196.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancibor, E. 1988. Materiales leñosos: madera, cañas y otros. Número especial La Cueva de Haichiol, Arqueología de los Pinares cordilleranos de Neuquén. *Anales de Arqueología y Etnología* 43:337-372.
- Barthélémy, D.; C. Brion y J. Puntieri. 2008. *Plantas de la Patagonia*. Vásquez Mazzini, Buenos Aires. 239 p.
- Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego. 666 p.
- Begon, M.; C. R. Townsend and J. L. Harper. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing, Malden, MA. 738 p.
- Beider, A. 2012. Viverización de especies nativas de zonas áridas. *Experimentia Revista de Transferencia Científica* 2:1-67.
- Brion, C.; J. Puntieri; D. Grigera y S. Calvelo. 1988. *Flora de Puerto Blest*. Universidad Nacional del Comahue, Bariloche. 201 p.
- Ciampagna, M. L. 2015. Estudio de la interacción entre grupos cazadores recolectores de Patagonia y las plantas silvestres: el caso de la costa norte de Santa Cruz durante el Holoceno medio y tardío. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata. 493 p.
- Correa, M. N. 1978. *Flora Patagónica Parte III. Gramineae*. Colección científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires. 563 p.
- Dezzotti, A. and O. Ponce. 2018. Early development of *Nothofagus* (Nothofagaceae) species from the Subantarctic forest under experimental conditions of light, substrate and ecological interaction. *Cerne* 24(2):149-161.
- Eynard, C.; A. Calviño and L. Ashworth. 2017. *Cultivo de plantas nativas: propagación y viverismo de especies de Argentina central*. Editorial de la UNC, Córdoba. 446 p.
- Ezcurra, C. y C. Brion. 2005. *Plantas del Nahuel Huapi. Catálogo de la Flora Vasculare del Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina*. Universidad Nacional del Comahue-Red Latinoamericana de Botánica, Bariloche. 70 p.
- Ghimire, S. K.; D. McKey and Y. Aumeeruddy-Thomas. 2005. Conservation of Himalayan medicinal plants: Harvesting patterns and ecology of two threatened species, *Nardostachys grandiflora* DC. and *Neopicrorhiza scrophulariiflora* (Pennell) Hong. *Biological Conservation* 124:463-475.
- González, M. E. 2001. Fenología de *Chusquea quila* durante su floración gregaria en la zona centro-sur de Chile. *Bosque* 22:45-51.
- González, C.; Y. y M. E. González. 2006. Memoria y saber cotidiano. El florecimiento de la “quila” en el sur de Chile: De pericotes, ruinas y remedios. *Revista Austral de Ciencias Sociales* 10:75-102.
- Gosling, P. G. 2003. Viability Testing. *En Seed Conservation: turning science into practice*, p 445-481. Smith, R. D.; J. B. Dickie, S. H. Linington, H. W. Pritchard and R. J. Probert (Eds.). The Royal Botanic Gardens. Kew, Great Britain.
- Guerreiro, C.; Z. E. Rúgolo de Agrasar y M. F. Rodríguez. 2011. Novedades en *Chusquea deficiens* (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae), un bambú muy poco conocido del noroeste Argentino. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 46:177-185.
- Hoffmann, A. E. 2005. *Flora silvestre de Chile, Zona Araucana*. Fundación Claudio Gay, Santiago. 258 p.
- Houghton, P. J. and J. Manby. 1985. Medicinal plants of the Mapuche. *Journal of Ethnopharmacology* 13:89-103.
- Ladio, A. H. and M. Lozada. 2000. Edible Wild Plant Use in a Mapuche Community of Northwestern Patagonia. *Human Ecology* 28:53-71.
- Ladio, A. H. and M. Lozada. 2001. Nontimber Forest Product Use In Two Human Populations From Northwest Patagonia: A quantitative Approach. *Human Ecology* 29:367-380.

- Ladio, A. H. and M. Lozada. 2004. Patterns of use and knowledge of wild edible plants in distinct ecological environments: a case study of a Mapuche community from northwestern Patagonia. *Biodiversity and Conservation* 13:1153-1173.
- Lizarazu, M. A.; J. I. Areta y Z. E. Rúgolo De Agrasar. 2013. *Chusquea juergensii* (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae), nueva cita para la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 48:341-345.
- Martínez-Crovetto, R. 1980. *Apuntes sobre la vegetación de los alrededores del Lago Cholila*. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias, Corrientes. 22 p.
- Masini, A. C. A.; A. E. Rovere y G. I. Pirk. 2014. Requerimientos pre-germinativos de *Maihuenia patagonica* y *Maihueniopsis darwinii*, cactáceas endémicas de Patagonia. *Gayana Botánica* 71:188-198.
- Mermoz, M.; C. Úbeda; D. Grigera; C. Brion; C. Martín; E. Bianchi y H. Planas. 2009. *El Parque Nacional Nahuel Huapi. Sus características ecológicas y estado de conservación*. Editorial APN, Bariloche. 80 p.
- Metas Aichi. 2017. Convention on Biological Diversity. [en línea]. Fecha de consulta: agosto de 2017. Disponible en: <http://www.cbd.int/sp/targets>
- Moesbach, E. W. 1992. *Botánica Indígena de Chile*. Museo Chileno de Arte Precolombino. Fundación Andes. Ed. Andrés Bello, Santiago. 140 p.
- Molares, S. and A. Ladio. 2009. Ethnobotanical review of the Mapuche medicinal flora: Use patterns on a regional scale. *Journal of Ethnopharmacology* 122:251-260.
- Molares, S. and Y. Gurovich. 2018. Owls in urban narratives: implications for conservation and environmental education in NW Patagonia (Argentina). *Neotropical Biodiversity* 4(1):163-171.
- Morrone O, Zuloaga FO, Longhi-Wagner HM, Izaguirre P, Beyhaut R, Cialdella AM, Giussani L, Denham SS, Guglieri A, Boldrini I, Zanín A, Salariato D y De Gennaro D. 2008. Poaceae. En: F. O. Zuloaga, O. Morrone & M. J. Belgrano (Eds.), *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden p 609-967. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Missouri, U.S.A.
- Núñez, C. I.; S. Caracotche y A. Pérez. 2011. Floración masiva de la caña colihue. *Desde la Patagonia Difundiendo Saberes* 8:52-58.
- Ojeda, V. y L. Chazarreta 2018. Effects of episodic bamboo mast seeding on top predators in the southern Andes. *Austral Ecology* 43(6): 719-729.
- Palacios, O. 2007. El complejo 03 de la cueva Epullán Grande, Provincia del Neuquén. Análisis de los artefactos. En *Actas del XVI Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, p 421-427. Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy.
- Parodi, L. R. 1987. Gramíneas. En *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, p 108-182. ACME SACI, Buenos Aires.
- Pérez, A. and M. G. Aguirre. 2013. Archaeobotanical support for the use of *Chusquea culeou* (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae) at Lago Meliquina site, Argentinean Patagonia. *Darwiniana* 1:192-200.
- Phondani, P. C.; I. D. Bhatt; V. S. Negi; B. P. Kothiyari; A. Bhatt and R. K. Maikhuri. 2016. Promoting medicinal plants cultivation as a tool for biodiversity conservation and livelihood enhancement in Indian Himalaya. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* 9:39-46.
- Rapoport, E. H.; A. H. Ladio y E. H. Sanz. 2003. *Plantas nativas comestibles de la Patagonia andina Argentino/Chilena. Parte 1*. Universidad Nacional del Comahue. Ediciones de Imaginaria, Bariloche. 81 p.
- Roberts, E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seeds Science and Technology* 1:499-514.
- Rodríguez, R. M.; L. S. Galicia; W. Sánchez; L. Gómez; A. Zarco y E. Ceccon. 2010. Usos actuales, distribución potencial y etnolingüística de los bambués leñosos (Bambuseae) en México. En *Tradiciones y transformaciones en Etnobotánica*, p 355-363. CYTED, La Plata.

- Rodríguez-Arévalo, I.; E. Mattana, L. García, U. Liu and R. Lira. 2017. Conserving seeds of useful wild plants in Mexico: main issues and recommendations. *Genetic Resources and Crop Evolution* 64:1141-1190.
- Rovere, A. E. 2006. *Cultivo de Plantas Nativas Patagónicas: árboles y arbustos*. Editorial Caleuche, Bariloche. 56 p.
- Rovere, A. E.; S. Molares y A. H. Ladio. 2013. Plantas utilizadas en cercos vivos de ciudades patagónicas: aportes de la etnobotánica para la conservación. *Ecología Austral* 23:165-173.
- Sokal, R. y F. Rohlf. 1999. *Introducción a la bioestadística*. Editorial Reverté, México. 380 p.
- Sustainable Development Knowledge Platforms. ONU. 2017. [en línea]. Fecha de consulta: agosto de 2017. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>
- Tacón, C. A. 2004. *Manual de productos forestales no madereros. Valdivia, Chile*. [en línea]. Fecha de consulta: septiembre de 2015, p.22. Disponible en: [http://parquesparachile.cl/dmdocuments/manual\\_de\\_productos\\_forestales\\_no\\_madereros.pdf](http://parquesparachile.cl/dmdocuments/manual_de_productos_forestales_no_madereros.pdf).
- Tacón, C. A.; M. J. Palma; V. U. Fernández y B. F. Ortega. 2006. *El Mercado de los Productos Forestales No Madereros y la conservación de los bosques del Sur de Chile y Argentina*. WWF. Chile. [en línea]. Fecha de consulta: septiembre 2015, p.96. Disponible en: <http://awsassets.panda.org/downloads/pfnm.pdf>
- Ulian, T.; M. Sacandé; A. Hudson and E. Mattana. 2017. Conservation of indigenous plants to support community livelihoods: the MGU-Useful Plants Project. *Journal of Environmental Planning and Management* 60:668-683.
- Vasisht, K.; S. Neetika and K. Maninder. 2016. Current perspective in the international trade of medicinal plants material: an update. *Current Pharmaceutical Design* 22:4288-4336.
- Vila, A. R. and L. Borrelli. 2011. Cattle in the Patagonian forests: Feeding ecology in Los Alerces National Reserve. *Forest Ecology and Management* 261:1306-1314.
- Zuloaga, F. O.; O. Morrone and J. M. Belgrano. 2008. *Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 3348 p.



NOTA TÉCNICA

# Propriedades químicas, mecânicas, térmicas e ópticas da madeira tratada termicamente de *Pinus elliottii* plantada no Brasil

*Chemical, mechanical, thermal and optical properties of the heat treated wood of Pinus elliottii planted in Brazil*

Römer Schulz, H.<sup>1</sup>; A. Pereira Acosta<sup>2</sup>; K. Techera Barbosa<sup>3</sup>; D. A. Gatto<sup>4</sup>

Recibido en febrero de 2021; aceptado en julio de 2021

## RESUMO

O objetivo deste estudo é a avaliação das propriedades da madeira de *Pinus elliottii*, submetidas a tratamento térmico em três temperaturas (T160 °C, T200 °C e T240 °C) respectivamente, com mesmo tempo de exposição em cada tratamento. Com intuito de analisar a mudança que o tratamento térmico influencia nas propriedades físicas e colorimétricas da madeira, sendo elas, massa específica aparente a 12 % ( $\rho_{12}$  %), perda de massa (%), análise colorimétrica, a determinação de parâmetros de resistência após tratamento térmico com análises de dureza Janka ( $\sigma$  Máx) e análise a degradação dos constituintes químicos da madeira em função da temperatura tal qual foi submetido com análise termogravimétrica (TGA e DTG) e espectroscopia da transformada de Fourier (FT-IR). As propriedades analisadas foram determinadas conforme descrito nas normas ASTM D 2395-17 (2017), ASTM (2005) e ASTM D 143-94 (2014). observando que com o aumento da temperatura do tratamento térmico, ocorreram algumas mudanças significativas, se evidenciando uma perda de massa, em função da degradação dos componentes estruturais e, portanto, afetando diretamente na resistência desse material, o tratamento T 240 °C, apresentou o maior valor de perda de massa e a menor tensão do teste de dureza Janka, quando comparado ao controle. Em relação a análise colorimétrica, o controle possui uma cor esbranquiçada-amarelada e após o tratamento térmico ocorreu uma modificação para um tom marrom-escuro. A análise de (FT-IR), apresentou uma tendência de redução na intensidade das bandas dos constituintes químicos da madeira, conforme o aumento da temperatura. A análise

## ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the properties of *Pinus elliottii* wood, submitted to heat treatment at three temperatures (T160 °C, T200 °C and T240 °C) respectively, with the same exposure time in each treatment. In order to analyze the change that heat treatment influences on the physical and colorimetric properties of wood, namely, apparent specific mass at 12 % ( $\rho_{12}$  %), mass loss (%), colorimetric analysis, the determination of strength parameters after heat treatment with Janka hardness analysis ( $\sigma$  Max) and analyze the degradation of the chemical constituents of wood as a function of temperature as it was submitted with thermogravimetric analysis (TGA and DTG) and Fourier transform spectroscopy (FT-IR). As properties analyzed were determined as described in ASTM D 2395-17 (2017), ASTM (2005) and ASTM D 143-94 (2014). noting that with the increase in the temperature of the heat treatment, there were some significant changes, with a loss of mass being evidenced, due to the degradation of the structural components and, therefore, directly affecting the resistance of this material, the treatment T 240 °C, presented the higher mass loss value and lower stress of the Janka hardness test, when compared to the control. Regarding the colorimetric analysis, the control has a whitish-yellowish color and after the heat treatment there was a change to a dark brown tone. The (FT-IR) analysis showed a tendency of reduction in the intensity of the bands of the chemical constituents of the wood, as the temperature increased. The thermogravimetric analysis (TGA) and the first derivative (DTG) showed differences in the T240 °C treatment, when compared to the control, for being more unstable. It is noteworthy that the

<sup>1</sup> Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Pelotas Federal (UFPEL), RS, Brasil. E-mail: henriqueschulz09@hotmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-8162-7723>

<sup>2</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: andreysvp@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0002-5074-3772>

<sup>3</sup> Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Pelotas Federal (UFPEL), RS, Brasil. E-mail: kelvintecherabarbosa@gmail.com <http://orcid.org/0000-0001-9894-703X>

<sup>4</sup> Professor no Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). R. Conde de Porto Alegre, 793-96010 290 - Pelotas, RS, Brazil. E-mail: darcigatto@yahoo.com <http://orcid.org/0000-0002-6805-3243>.

termogravimétrica (TGA) e da primeira derivada (DTG), apresentou diferenças no tratamento T240 °C, quando comparado ao controle, por ser mais instável. Destaca-se que os tratamentos térmicos podem ser empregados na madeira, dado que os tratamentos T160 °C e T200 °C, apresentaram variações colorimétricas consideráveis e não ocorrendo diminuições das propriedades físico-químico-mecânicas significativas, quando comparado ao controle.

**Palavras chave:** Termorreificação; FT-IR; TGA; dureza Janka

thermal treatments can be used in wood, given that the treatments T160 °C and T200 °C, showed considerable colorimetric variations and no significant decreases in physical-chemical-mechanical properties, when compared to the control.

**Key words:** Thermorectification; FT-IR; TGA; Janka Hardness.

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira do gênero de *Pinus* sp é utilizada como matéria prima e podem atender algumas das atuais demandas do mercado, por ser tratar de uma madeira de rápido crescimento, em função da sua alta adaptação em diferentes condições ambientais (Acosta *et al.*, 2020). Pela sua ampla versatilidade de usos, se faz necessário a caracterização de suas propriedades tecnológicas e de tratamentos que visem melhorias nas suas propriedades, fazendo com que seja empregada de maneira correta, aumentando sua vida útil.

A avaliação das propriedades físico-mecânicas se faz necessário para determinação de parâmetros relacionados resistência. A análise termogravimétrica (TGA e DTG), refere-se, a degradação dos constituintes químicos da madeira em função da temperatura ao qual o material é submetido. Vassilev *et al.* (2012), destacou que o TGA pode estimar de maneira rápida e precisa, os parâmetros de degradação da hemicelulose, celulose, lignina e extrativos.

A análise da espectroscopia da transformada de Fourier (FT-IR), apresenta as variações das intensidades das ligações químicas em determinados comprimento de onda, caracterizando os componentes majoritários da madeira. Segundo Popescu *et al.* (2007), Esteves *et al.* (2013), constataram que a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) é um método analítico que caracteriza a química estrutural do material analisado, demonstrando uma análise qualitativa e quantitativa, devido à sua capacidade de fornecer informações sobre a abundância de grupos funcionais e outras características estruturais específicas, podendo ser empregado em amostras de gêneros florestais.

Menezes *et al.* (2014), constata que há muitos anos vem sendo estudadas novas técnicas para melhorar as propriedades da madeira e assim aumentar a sua utilização. Modes *et al.* (2017), relata que a técnica de retificação térmica, consiste em submeter peças de madeira a temperaturas entre 120 °C e 260 °C, com objetivo de promover sensíveis alterações químicas nos polímeros celulose, hemicelulose e lignina e, assim, obter um material com características diferenciadas, comparativamente à madeira em condições normais, como menor higroscopicidade e mudança colorimétrica.

Poubel *et al.* (2013) e Gunduz *et al.* (2009), enfatizam que o tratamento térmico promove o aumento de determinadas propriedades físicas e mudanças colorimétricas, porém em algumas espécies há uma queda nos parâmetros relacionados a resistência e na massa específica da madeira, devido a degradação da hemicelulose presente na parede, sendo que essa queda ligada a temperatura ao qual é submetida e ao tempo de exposição. De acordo com Esteves & Pereira (2009), embora que esse processo ainda não esteja consolidado no Brasil, a madeira submetida a tratamento térmico é largamente empregada na confecção de produtos, como em: decks, móveis para jardim, esquadrias, armários internos, painéis decorativos e interior de saunas, no continente

européu, sendo assim necessário um maior estudo de suas propriedades físicas e mecânicas após tratamento térmico visando seu emprego para outras finalidades.

Com isso, o objetivo deste estudo é a avaliação de propriedades da madeira de *Pinus elliottii*, sendo elas, análise colorimétrica, massa específica aparente a 12%, perda de massa (%), dureza Janka ( $\sigma_{Máx}$ ), análise termogravimétrica (TGA e DTG) e espectroscopia da transformada de Fourier (FT-IR), após tratamento térmico em diferentes faixas de temperaturas 160 °C ( $T_{160°C}$ ), 200 °C ( $T_{200°C}$ ) e 240 °C ( $T_{240°C}$ ), mantidas por um período de 2 horas em cada tratamento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para esse estudo foi utilizada a espécie *Pinus elliottii*, com idade de, aproximadamente, 22 anos. Os corpos de prova foram confeccionados com dimensões de 20 mm x 20 mm x 80 mm (radial x tangencial x longitudinal), sendo 7 corpos de provas para cada tratamento, totalizando 28 amostras, para a determinação de propriedades da madeira de *Pinus elliottii*. Depois de dimensionados, esses corpos de prova ficaram acondicionados em câmara climatizada (temperatura de 20 °C e 65 % de umidade relativa) até estabilização do e um teor de umidade à 12 %.

Após foi realizado ao tratamento térmico, em uma estufa de escala laboratorial de circulação de ar, com faixas de temperaturas de 160 °C ( $T_{160°C}$ ), 200 °C ( $T_{200°C}$ ) e 240 °C ( $T_{240°C}$ ), mantido as amostras por um período de 2 horas em cada tratamento. Posteriormente encaminhado novamente para a câmara climatizada sob as mesmas condições citadas anteriormente com finalidade de estabilizar o material novamente ao teor de umidade à 12 % para ser testado de acordo com teor de umidade correspondente às normas de cada ensaio.

Por meio das recomendações descritas pelas normatizações da American Society for Testing and Materials ASTM D2017-05 (2014), determinou-se a massa específica aparente ao teor de umidade de 12 % (Equação 1) e a perda de massa (Equação 2). As dimensões foram determinadas com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm) e as massas obtidas com balança analítica (0,001 g).

$$\rho_{12\%} = \left( \frac{M_{12\%}}{V_{12\%}} \right) \quad (1)$$

$$PM_{\%} = \left( \frac{M_{12\%} - M_{FT}}{M_{12\%}} \right) * 100 \quad (2)$$

Em que:  $M_{12\%}$  = massa a 12% de teor de umidade (g);  $V_{12\%}$  = volume com a amostra a 12% de teor de umidade ( $cm^3$ );  $\rho_{12\%}$  = massa específica aparente a 12% ( $g/cm^3$ ),  $M_{FT}$  = massa a 12 % após o tratamento térmico em cada faixa de temperatura;  $PM_{\%}$  = Perda de massa (%).

Com intuito de analisar a resistência o teste de dureza Janka da madeira foi realizado por meio da técnica normatizada da American Society for Testing and Materials ASTM D143-94 (2014), com a verificação do esforço, necessário para introduzir uma semiesfera de aço com 1,13  $cm^2$  de diâmetro, sendo uma leitura em cada amostra na face tangencial.

A mudança de cor devido a temperatura foi medida através da análise colorimétrica, onde utilizou-se um colorímetro da marca Konica Minolta, modelo CR-400, com fonte iluminante D65 e ângulo de observação de 10°, afins de analisar os parâmetros colorimétricos alterados pela exposição da madeira de *Pinus elliottii* a diferentes faixas de temperatura sendo efetuado duas leituras para cada corpo de prova, de cada tratamento, na face tangencial. O aparelho forneceu os seguintes parâmetros colorimétricos: Luminosidade ( $L^*$ ) onde o valor resultante maior se destaca como material mais claro e mais perto de zero o valor é definido como mais escuro, coordenada vermelho-verde ou matriz vermelho ( $a^*$ ) indica com tonalidade vermelha (sinal positivo) e

tonalidade verde (sinal negativo), coordenada azul-amarelo ou matriz amarelo ( $b^*$ ) indica com tonalidade amarela (sinal positivo) e azul (sinal negativo), saturação da cor ( $c^*$ ) onde está relacionada com a opacidade (quanto menor o valor, maior o nível de opacidade), e o ângulo de tinta ( $h^*$ ), o qual varia de  $0^\circ$  à  $90^\circ$  (vermelho à amarelo, respectivamente), baseados no sistema de cor CIELA $^*b^*$  1976. Para determinar as alterações de tonalidade, foi utilizada a Equação (3).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (3)$$

Em que:  $\Delta E$  = variação total da cor das madeiras submetidas as faixas de tratamento térmico;  $\Delta L$  = variação do gradiente de claridade;  $\Delta a$  = variação do gradiente da coordenada vermelho-verde;  $\Delta b$  = variação do gradiente da coordenada azul-amarelo.

Através da análise qualitativa da técnica de espectroscopia no infravermelho (FT-IR) foi possível observar e caracterizar os grupos químicos estruturais efetuando um comparativo das mudanças de temperaturas em relação ao controle, por meio do equipamento modelo FT/IR-4100, com 32 varreduras por tratamento analisado, sendo feitas em amostras sólidas com, aproximadamente, 7 mm x 7 mm x 15 mm, com um comprimento de onda de  $2000 \text{ cm}^{-1}$  a  $800 \text{ cm}^{-1}$ , resolução de  $4 \text{ cm}^{-1}$ , a velocidade do scanner de 2mm/sec e filtro de 30000 Hz.

Foram efetuadas as análises termogravimétricas no equipamento NAVAS TGA 1000 com uma análise para cada tratamento, podendo observar a degradação da celulose, hemicelulose, lignina e extrativos em relação aos tratamentos empregados, com uma vazão constante de  $2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ . As curvas termogravimétricas foram obtidas a partir de  $0^\circ \text{C}$  até a temperatura máxima de  $600^\circ \text{C}$ , com taxa de aquecimento de  $10^\circ \text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ . Para tanto foi avaliada a curva termogravimétrica da perda de massa em função da temperatura (TGA) e posteriormente foi realizado a primeira derivada da curva (DTG).

As análises descritivas, foram tratadas com 1 % de probabilidade de erro pelo teste de Tukey e teste F. Obteve-se o coeficiente de correlação de Pearson, visando à verificação da dependência entre as variáveis de interesse. Para tanto, utilizou-se o software Statgraphics Centurion, com uma probabilidade de erro de 5 %.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Propriedades físicas e mecânicas

O tratamento térmico acarretou em mudanças nas propriedades, sendo estas físicas e mecânicas, a madeira de *Pinus elliottii* testada possui uma massa específica aparente ao teor de umidade de 12 % ( $p_{12\%}$ ) de  $0,506 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  para o controle. É constatado que a elevação na temperatura do tratamento térmico ocasionou aumento significativo e progressivo de perda de massa respectivamente ao aumento de temperatura para cada tratamento, sendo que quando comparado o tratamento ( $T_{240^\circ \text{C}}$ ), com as amostras do controle a tensão máxima, obteve um decréscimo de 30,7 %, evidenciado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Estatística descritiva para a perda de massa (PM) e tensão máxima pelo teste de dureza Janka ( $\sigma_{\text{Máx.}}$ ) da madeira de *Pinus elliottii* tratadas termicamente em diferentes faixas de temperaturas.

TRATAMENTO	PM (%)	$\sigma_{\text{MÁX.}}$ (MPA)
Controle	-	25,99 <sup>(2,1)</sup> a
T 160°C	3,46 <sup>(0,1)</sup> a	26,16 <sup>(5,9)</sup> a
T 200°C	6,77 <sup>(1,6)</sup> b	26,82 <sup>(3,6)</sup> a
T 240°C	13,98 <sup>(0,8)</sup> c	18,02 <sup>(4,2)</sup> b
F	123,19 **	6,89 **

Em que: valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão e as médias, nas colunas, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si em 1% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey e teste F; \*\* – significativo à 1% de probabilidade de erro pelo teste F ( $p \leq 0,01$ ); ns – não significativo à 1% de probabilidade de erro ( $p > 0,01$ ).

A perda de massa em função do tratamento térmico está associada com a degradação dos constituintes químicos presentes na madeira. O composto químico mais afetado em função do aumento gradativo da temperatura durante o tratamento térmico são as hemiceluloses, seguida pela celulose, mais estável termicamente, e a lignina, à qual apresenta mudanças em sua estrutura química devido à degradação lenta e contínua desde o princípio do evento térmico (Modes *et al.*, 2017; Moliński *et al.*, 2016; Alfredsen *et al.*, 2012). Considerando que a massa específica é um importante parâmetro indicador das propriedades mecânicas da madeira, a perda de massa, em função da degradação dos componentes estruturais, afeta diretamente a resistência desse material.

Quando analisado a dureza Janka, os tratamentos T 160 °C e T 200 °C, não demonstraram variações significativas, para o tratamento T 240°C, notou-se um decréscimo significativo, quando comparado ao controle. A tensão máxima ( $\sigma_{\text{Máx}}$ ) relacionada aos dois primeiros tratamentos (T 160 °C e T 200 °C), não apresentaram decréscimo em relação ao controle, Boonstra *et al.* (2007), relatou valores não significativos para temperaturas próximas de 165 °C em relação as propriedades mecânicas avaliadas, o que estão de acordo com o que está constatado nesse estudo. Isso decorre em função da modificação nos constituintes químicos da madeira na realização do tratamento térmico. Segundo Calonego *et al.* (2013) e Esteves & Pereira (2009), o decréscimo correlaciona-se principalmente com a degradação das hemiceluloses em função das elevadas temperaturas às quais as madeiras são submetidas.

### Análise superficial colorimétrica

Os parâmetros colorimétricos ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$  e  $\Delta E$ ) são apresentados na Tabela 2, onde é evidenciado uma modificação nos valores, conforme o aumento da temperatura. Para todas as variáveis colorimétricas analisadas, constatou-se que os tratamentos térmicos em diferentes faixas de temperatura acarretaram variações significativas, aonde a maior variação de cor ( $\Delta E$ ) foi observada em amostras submetidas ao tratamento térmico sob temperatura de 240 °C, apresentando uma coloração final, amarronzada preta.

**Tabela 2.** Estatística descritiva para os parâmetros colorimétricos da madeira de *Pinus elliottii* com tratamento térmico em diferentes faixas de temperaturas.

Tratamento	L*	A*	B*	C*	H (°)	$\Delta E$
Controle	75,92 <sup>(5,0)</sup> a	6,59 <sup>(2,3)</sup> a	25,66 <sup>(4,1)</sup> b	25,77 <sup>(5,2)</sup> b	75,20 <sup>(3,9)</sup> a	-
T 160°C	71,05 <sup>(4,0)</sup> a	7,89 <sup>(1,6)</sup> a	30,01 <sup>(1,8)</sup> a	31,16 <sup>(2,1)</sup> a	75,79 <sup>(1,9)</sup> a	11,18 <sup>(5,2)</sup> a
T 200°C	50,98 <sup>(7,4)</sup> b	12,64 <sup>(2,7)</sup> b	26,20 <sup>(3,1)</sup> ab	29,26 <sup>(2,5)</sup> ab	64,05 <sup>(6,4)</sup> b	26,27 <sup>(9,9)</sup> b
T 240°C	30,30 <sup>(1,7)</sup> c	7,65 <sup>(1,4)</sup> a	12,10 <sup>(3,5)</sup> c	14,34 <sup>(3,7)</sup> c	56,96 <sup>(3,1)</sup> c	46,83 <sup>(7,0)</sup> c
F	209,19 *	23,23 *	82,10 *	61,56 *	61,71 *	75,91 *

Em que: valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão e as médias, nas colunas, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si em 1% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey e teste F; \* – significativo à 1% de probabilidade de erro pelo teste F ( $p \leq 0,01$ ); ns – não significativo à 1% de probabilidade de erro ( $p > 0,01$ ); L\* - claridade; a\* - coordenada vermelho-verde ou matriz vermelho; b\* - coordenada azul-amarelo ou matriz amarelo; c\* - saturação da cor; h\* - ângulo de tinta e  $\Delta E$  – variação total da cor da madeira submetida a faixas de tratamento térmico.

O parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) apresenta uma diferença significativa de acordo com cada faixa de temperatura e sua redução está associada à degradação das hemiceluloses e migração dos extrativos do interior para a superfície da madeira. A redução da luminosidade em função da aplicação de temperaturas foi observada nos estudos desenvolvidos por (Pertuzzatti *et al.*, 2016) e (Cademartori *et al.*, 2013). A coordenada cromática  $a^*$  (verde-vermelho) caracteriza madeiras com tonalidades vermelhas ou esverdeadas, respectivamente, sendo que alterações nos valores dessa variável, quando comparadas com o controle, indica a modificação da constituição química das madeiras por tratamento térmico (Chen *et al.*, 2012; Pertuzzatti *et al.*, 2016).

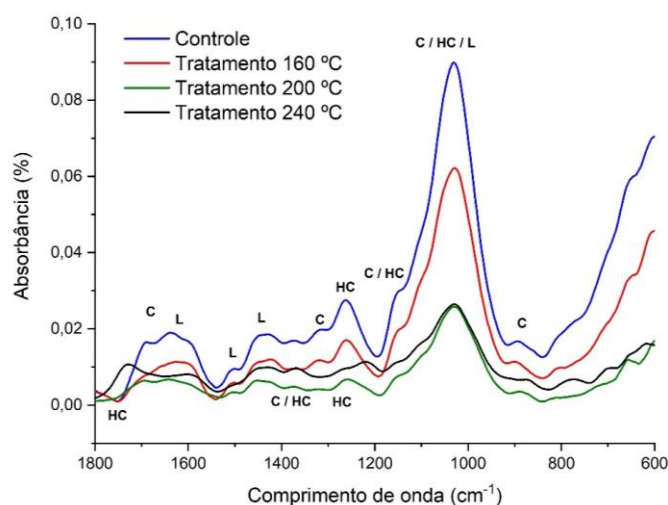
Os parâmetros cromáticos azul-amarelo ( $b^*$ ) indica aonde a redução dos valores relacionados a essa variável de degradação da lignina e dos extrativos, os quais associam-se diretamente com os cromóforos responsáveis por conferir a madeira uma tonalidade mais clara Pincelli *et al.* (2012), justificando assim a tonalidade mais escura das madeiras com tratamento térmico nas duas faixas de temperaturas mais intensas (200 °C e 240 °C).

As variáveis colorimétricas saturação ( $C^*$ ) e ângulo de tinta (h), apresentaram o mesmo comportamento da matriz  $b^*$ , devido a esta apresentarem valores maiores que a matriz  $a^*$ , estando em conformidade com o descrito por (Zanuncio *et al.*, 2014).

A análise dos valores obtidos para as variáveis colorimétricas obtidas no presente estudo, em conjunto com o agrupamento de Cluster desenvolvido por Camargos & Gonzalez (2001), com os parâmetros colorimétricos, possibilitou a determinação das cores adquiridas pelas madeiras de *P. elliotii* em função das temperaturas aplicadas durante o tratamento térmico: controle (branco), T<sub>160°C</sub> (amarelo-claro), T<sub>200°C</sub> (amarelo-amarronzado) e T<sub>240°C</sub> (marrom-escuro).

### Caracterização químico - térmicas

A análise de espectroscopia da transformada de Fourier, apresentou uma tendência de redução na intensidade das bandas características dos componentes majoritários da madeira, conforme o aumento da temperatura dos diferentes tratamentos., Na Figura 1 é representada a região denominada como impressão digital, a qual se situa entre 1800  $\text{cm}^{-1}$  a 600  $\text{cm}^{-1}$ , nesta zona cada comprimento de onda, identifica um tipo distinto de ligação presente no material que se relaciona com os componentes químicos majoritários da madeira. Popescu *et al.* (2010), cita que em zonas onde as vibrações predominantes são dos grupos OH e CH (entre 800  $\text{cm}^{-1}$  e 1800  $\text{cm}^{-1}$ ), onde há vibração de determinado grupo, pode então ser atribuída para a força de ligação das pontes de hidrogênio presentes na madeira.



**Figura 1.** Espectroscopia da transformada de Fourier da madeira de *Pinus elliotii* controle e com diferentes tratamentos.

Dentre os tratamentos analisados por (FT-IR), pode-se notar uma grande variação em determinadas bandas dentro da zona de impressão digital, tendo destaque as bandas de  $1.730\text{ cm}^{-1}$ , caracterizada por ligações C=O nos grupos carbonila, típicas ligações das hemiceluloses,  $1460\text{ cm}^{-1}$  ligações C-H típicas do grupo das ligninas,  $1330\text{ cm}^{-1}$  vibração nas ligações de  $\text{CH}_2$  e  $1030\text{ cm}^{-1}$  comprimento de onda específico para ligações C-H e C-O, sendo este pico característico de qualquer espécie de madeira, sempre sendo o banda de maior destaque para madeira do controle.

Timar *et al.* (2016), ao avaliar as alterações químicas causadas pelo tratamento de retificação térmica na madeira de *Fagus sylvatica* L. em dois ambientes distintos ao máximo de  $200\text{ }^\circ\text{C}$  de temperatura, não observou alterações nas bandas de  $1730\text{ cm}^{-1}$ , característica esta de absorção de carbonilas não conjugada, ligações típicas do grupo das hemiceluloses.

Em comparação entre os tratamentos térmicos, baseado nesta banda ( $1730\text{ cm}^{-1}$ ), percebe-se que o controle demonstrou um comprimento de onda mais acentuado e o tratamento com  $200\text{ }^\circ\text{C}$  o menor comprimento de onda. Isso representa mudanças com a utilização da retificação térmica nos diferentes grupos carbonila e nas porções acetil nas hemiceluloses, que são as primeiras a serem hidrolisadas durante o tratamento térmico da madeira devido a seu baixo ponto de fusão (Tjeerdsma *et al.*, 2005; Hill 2007; Dubey *et al.*, 2011).

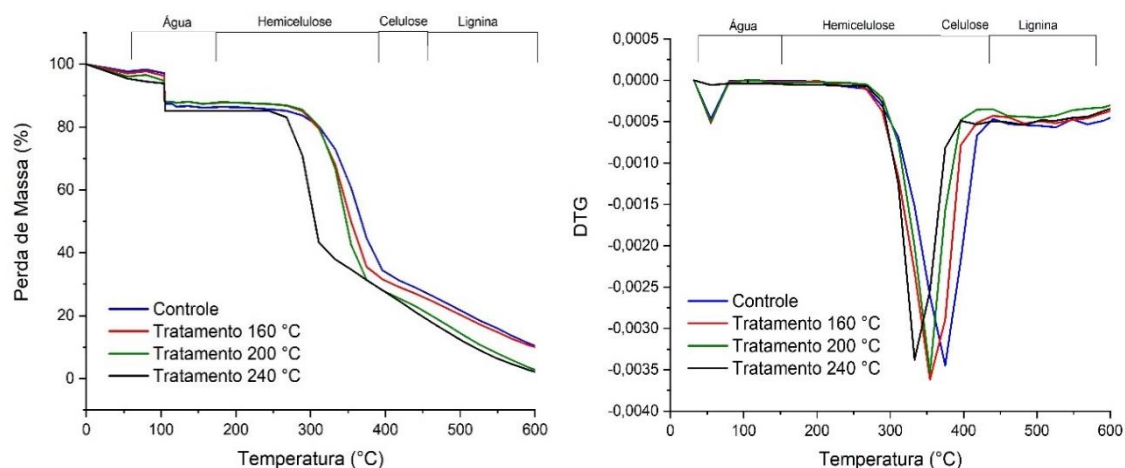
Outra banda de destaque entre os tratamentos foi a de  $1460\text{ cm}^{-1}$  sendo o maior comprimento de onda para o controle e o menor comprimento de onda para o tratamento de retificação térmica com  $200\text{ }^\circ\text{C}$ , Esteves *et al.* (2013), caracteriza que o tratamento efetuou vibrações no anel aromático da ligninas, sendo o maior pico para madeira controle, subentende-se que a madeira sem tratamento possui maior frequência de vibrações em anéis aromáticos da lignina, se comparada a madeira tratada térmicamente.

Para  $1330\text{ cm}^{-1}$  houve diferença notória entre os tratamentos, sendo o controle com maior comprimento de onda e o tratamento a  $200\text{ }^\circ\text{C}$  o menor, essa subtração corresponde a uma diminuição na condensação de lignina (Windeisen *et al.*, 2007). A banda de maior destaque é a de  $1030\text{ cm}^{-1}$  é representada por mudanças nos grupos químicos da celulose, hemiceluloses e ligninas. Darwish *et al.* (2013), afirma que esta banda de modo geral sempre possui a maior absorbância para madeira controle, percebe-se. Uma queda notória entre os tratamentos, principalmente para  $200\text{ }^\circ\text{C}$  e  $240\text{ }^\circ\text{C}$ . isto se justifica pois o tratamento de retificação térmica degrada os componentes majoritários da madeira, constatando-se uma queda nesse espectro por menor frequência de ocorrência destes tipos de ligações.

Na Figura 2 são demonstradas as curvas termogravimétricas (TGA/DTG) dos 3 tratamentos e o controle da espécie analisada, na faixa de temperatura de  $0\text{ }^\circ\text{C}$  a  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . As curvas termogravimétricas (TGA) traz a representação da perda de massa, em percentual, em diferentes faixas de temperatura, enquanto as curvas DTG corresponde à primeira derivada das curvas termogravimétricas.

Em relação ao percentual de perda de massa, é dividido em regiões de degradações dos componentes químicos majoritários presentes na madeira, sendo:  $40\text{ }^\circ\text{C} - 150\text{ }^\circ\text{C}$  para remoção da água intra e intercelular,  $150\text{ }^\circ\text{C} - 380\text{ }^\circ\text{C}$  degradação das hemiceluloses,  $380\text{ }^\circ\text{C} - 420\text{ }^\circ\text{C}$  degradação das celulosas e  $420\text{ }^\circ\text{C}$  em diante, degradação das ligninas.

Nota-se que para a remoção da água química da madeira, evidenciou-se um gradiente superior de perda de massa entre o controle e o tratamento com maior temperatura de retificação térmica ( $240\text{ }^\circ\text{C}$ ). Isto é justificado pelo fato de que no próprio processo de retificação térmica já ocorre alterações na água química da madeira, reduzindo o teor de umidade, fazendo assim com que ao se verificar a termogravimetria este demonstre diferenças na região situada entre  $40\text{ }^\circ\text{C} - 150\text{ }^\circ\text{C}$ . Poubel *et al.* (2013), cita que as hemiceluloses são os polímeros mais higroscópicos da parede celular e com menor necessidade de temperaturas para se degradar, sua degradação causa uma redução no teor de umidade de equilíbrio.



**Figura 2.** Curvas de análises termogravimétricas (TGA) e primeira derivada das curvas termogravimétricas (DTG) da madeira de *Pinus elliotii* controle e com diferentes tratamentos.

Com relação a faixa de degradação das hemiceluloses (150 °C – 380 °C), obteve-se uma diferença notória entre os diferentes tratamentos, sendo que o controle apresenta um retardo em relação a perda de massa, sendo justificado, pois as amostras dos demais tratamentos, já passaram por um tratamento térmico, tendo seus componentes majoritários já degradados, em relação a DTG observa-se os maiores picos para essa região, sendo que o pico para o tratamento com 240 °C necessitou de uma menor temperatura para atingir seu ponto máximo. Campos (2008), ressalta que esses resultados correspondem às faixas de temperatura nas quais ocorrem as decomposições térmicas das hemiceluloses e celulose presentes na madeira, visto que essas apresentam velocidades de perda de massa consideravelmente superior à lignina, sendo, dessa forma, possível atribuir os referidos picos a essas reações.

A partir de 380 °C até 600 °C, característico da degradação da celulose e lignina, nota-se ambas se mantiveram com perdas de massa constantes entre os tratamentos, dando destaque para a diferença entre perda de massa do tratamento a 240 °C e o controle. Esta fração do gráfico vai de acordo com o observado por Bianchi *et al.* (2010) que, ao avaliar a madeira de *Pinus sp* por termogravimétrica obteve picos semelhantes, sendo o pico máximo em cerca de 380 °C.

Em relação a lignina, a maior distinção entre o TGA foi entre o controle e o tratamento com 240 °C, visto que o teor de lignina solúvel constante e o aumento da lignina insolúvel e total a partir de 200 °C, se dá pela degradação dos outros constituintes, como os extrativos e hemiceluloses Esteves e Pereira (2009) e Severo *et al.* (2012), mostrando que a ligninas são mais resistentes à degradação térmica (Yildiz *et al.*, 2006; Tumen *et al.*, 2010).

#### 4. CONCLUSÕES

Em conclusão do estudo os tratamentos térmicos de diferentes temperaturas apresentaram modificações nas propriedades químico-físicas, mecânicas e colorimétricas para a madeira de *Pinus elliotii*, decorrentes em função da degradação da hemicelulose, celulose e lignina.

Sendo assim, destaca-se que o tratamento térmico nas faixas de temperatura T160 °C e T200 °C empregado na madeira de *Pinus elliotii*, pois apresentam um aumento da tensão máxima não significativa com baixo percentual de perda de massa, além de variações colorimétricas consideráveis, agregando valor estéticos ao material, essas variações foram possíveis observar através das alterações nos componentes químicos da madeira evidenciado na análise de (FT-IR)

e (TGA), destacando também que não houveram diminuições das propriedades físico-mecânicas, quando comparado ao controle.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. P.; J. Labidi; H. R. Schulz; E. Gallio; K. T. Barbosa; R. Beltrame; R. de Avila Delucis; D. A. Gatto. 2020. Thermochemical and Mechanical Properties of Pine Wood Treated by In Situ Polymerization of Methyl Methacrylate (MMA). *Forests* 2020 11(7):768.
- Alfredsen, G.; T. K. Bader; J. Dibdiakova; T. Filbakk; S. Bollmus & K. Hofstetter. 2012. Thermogravimetric analysis for wood decay characterisation. *European Journal of Wood and Wood Products* 70(4):527-530.
- Astm - american society for testing and materials D143-94. 2014. *Standard test methods for small clear specimens of timber*. Annual Book of ASTM Standard.
- Astm - american society for testing and materials D2017-05. 2014. *Standard test methods of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods*. Annual Book of ASTM Standard.
- Bianchi, O.; C. Dal Castel; R. V. Oliveira; P. T. Bertuoli & E. Hillig. 2010. Avaliação da degradação não-isotérmica de madeira através de termogravimetria-TGA. *Polímeros* 20(5):395-400.
- Boonstra, M. J.; J. Van Acker; E. Kegel & M. Stevens. 2007. Optimisation of a two-stage heat treatment process: durability aspects. *Wood Science and Technology* 41(1):31-57.
- Cademartori, P. H. G.; P. S. Santos; L. Serrano; J. Labidi & D. A. Gatto. 2013. Effect of thermal treatment on physicochemical properties of Gympie messmate wood. *Industrial Crops and Products* 45:360-366.
- Calonego, F. W.; M. C. N. D. Andrade; D. R. Negrão; C. D. Rocha; M. T. D. A. Minihoni; J. V. Latorraca & E. D. T. Severo. 2013. Behavior of the Brown-rot Fungus *Gloeophyllum trabeum* on Thermally-modified *Eucalyptus grandis* Wood. *Floresta e Ambiente* 20(3):417-423.
- Camargos, J. A. A. & J. C. Gonzalez. 2001. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. *Revista Científica do Laboratório de Produtos Florestais - LPF* 71:30-41.
- Campos, A. C. M. 2008. *Carvão de Eucalyptus: efeito dos parâmetros da pirólise sobre a madeira e seus componentes químicos e predição da qualidade pela espectroscopia NIR*. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 118 p.
- Chen, Y.; Y. Fan; J. Gao & N. M. Stark. 2012. The effect of heat treatment on the chemical and color change of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood flour. *BioResources* 7(1):1157-1170.
- Darwish, S. S.; N. El Hadidi & M. Mansour. 2013. The effect of fungal decay on ficus sycomorus wood. *International Journal of Conservation Science* 4(3):271-282.
- Dubey, M. K.; S. Pang & J. Walker. 2011. Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of *Pinus radiata* D. Don wood with oil heat-treatment. *Holzforschung* 65(1):117.
- Esteves, B.; A. Velez Marques; I. Domingos & H. Pereira. 2013. Chemical changes of heat treated pine and eucalyptus wood monitored by FTIR. *Maderas. Ciencia y tecnología* 15(2):245-258.
- Esteves, B. & H. Pereira. 2009. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources* 4(1):370-404.
- Gunduz, G.; S. Korkut; D. Aydemir & I. Bekar. 2009. The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood. *Maderas. Ciencia y tecnología* 11(1):61-70.
- Hill, C. A. S. 2007. *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons 260 p.

- Menezes, W. M.; E. J. Santini; J. T. Souza; D. A. Gatto & C. R. Haselein. 2014. Modificação térmica nas propriedades físicas da madeira. *Ciência Rural* 44(6):1019-1024.
- Modes, K. S.; E. J. Santini; M. A. Vivian & C. R. Haselein. 2017. Efeito da termorreificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal* 27(1):291-302.
- Moliński, W.; E. Roszyk; A. Jabłoński; J. Puszyński & J. Cegiela. 2016. Mechanical parameters of thermally modified ash wood determined by compression in radial direction. *Maderas. Ciencia y tecnología* 18(4):577-586.
- Pertuzzatti, A.; A. L. Missio; B. Conte; S. C. De Souza; E. J. Santini & C. R. Haselein. 2016. Propriedades físicas da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* termorreificada sob diferentes atmosferas. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)* 7(1):7-15.
- Pincelli S. M.; L. F. De Moura & J. O. Brito. 2012. Effect of thermal rectification on colors of *Eucalyptus saligna* and *Pinus caribaea* woods. *Maderas. Ciencia y tecnología* 14(2):239-248.
- Popescu, C. M.; M. C. Popescu; G. Singurel; C. Vasile; D. S. Argyropoulos & S. Willfor. 2007. Spectral characterization of eucalyptus wood. *Applied spectroscopy* 61(11):1168-1177.
- Popescu, C. M.; M. C. Popescu & C. Vasile. 2010. Characterization of fungal degraded lime wood by FT-IR and 2D IR correlation spectroscopy. *Microchemical Journal* 95(2):377-387.
- Poubel, D. D. S.; R. A. Garcia; W. A. D. Santos; G. D. L. Oliveira & H. D. S. Abreu. 2013. Efeito da termorreificação nas propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea*. *Cerne* 19(3):391-398.
- Severo, E. T. D.; F. W. Calonego & C. A. Sansígolo 2012. Physical and chemical changes in juvenile and mature woods of *Pinus elliottii* var. *elliottii* by thermal modification. *European Journal of Wood and Wood Products* 70(5):741-747.
- Tjeerdsma, B. F. & H. Militz. 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. *Holz als roh-und Werkstoff* 63(2):102-111.
- Timar, M. C.; A. M. Varodi; M. Hacibektasoglu & M. Campean. 2016. Color and FTIR analysis of chemical changes in beech wood (*Fagus sylvatica* L.) after light steaming and heat treatment in two different environments. *BioResources* 11(4):8325-8343.
- Tumen, I.; D. Aydemir; G. Gunduz, et al. 2010. Changes in the chemical structure of thermally treated wood. *Bioresources* 5(3):1936-1944.
- Vassilev, S. V.; D. Baxter; L. K. Andersen; C. G. Vassileva & T. J. Morgan. 2012. An overview of the organic and inorganic phase composition of biomass. *Fuel* 94:1-33.
- Windeisen, E.; C. Strobel & G. Wegener. 2007. Chemical changes during the production of thermo-treated beech wood. *Wood science and technology* 41(6):523-536.
- Yildiz, S.; E. D. Gezer & U. C. Yildiz. 2006. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *Building and environment* 41(12):1762-1766.
- Zanuncio, A. J. V.; E. D. S. Farias & T. A. D. Silveira. 2014. Termorreificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Floresta e Ambiente* 21(1):85-90.



COMUNICACIÓN

## Antecedentes básicos sobre propagación vegetativa y sexual de *Prumnopitys andina* (Podocarpaceae), especie vulnerable de la zona centro-sur de Chile

*Basic information on vegetative and sexual propagation of Prumnopitys andina (Podocarpaceae), a vulnerable species in the south-central zone of Chile*

Gómez, P.<sup>1</sup>; I. Quiroz<sup>2</sup>; M. Valenzuela<sup>1</sup>; S. Espinoza<sup>3</sup> y Y. Ormazábal<sup>4</sup>

Recibido en julio de 2020; aceptado en julio de 2021

### RESUMEN

*Prumnopitys andina* (Lleuque) es una conífera amenazada, endémica de Chile y Argentina, cuyos bosques han sido severamente fragmentados. Para restaurar los bosques de esta especie se debe generar información en aspectos básicos como propagación del material vegetal, entre otros. Sin embargo, la información sobre antecedentes de propagación de la especie es aún escasa. El objetivo de este trabajo es reportar aspectos básicos de la germinación de las semillas y del enraizamiento de esquejes de *P. andina*. Para evaluar germinación, las semillas fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos: 1) siembra directa, 2) estratificación en arena húmeda, y 3) estratificación con ácido sulfúrico. Para evaluar enraizamiento, los esquejes fueron sumergidos en una solución conteniendo 0, 500, 1.500 y 4.500 ppm de ácido indolbutírico. Los resultados muestran que con la estratificación de semillas en ácido sulfúrico y la inmersión de esquejes en 0 ppm de ácido indolbutírico se obtienen los mejores resultados de germinación y enraizamiento, respectivamente. Esto indica que la especie necesita de tratamientos pregerminativos para mejorar la germinación de las semillas y que el uso de ácido indolbutírico en las dosis probadas, no mejora la capacidad de enraizamiento de la especie.

**Palabras clave:** germinación, enraizamiento de estacas, tratamientos pregerminativos

### ABSTRACT

*Prumnopitys andina* (Lleuque) is a threatened endemic conifer species from Chile and Argentina whose forests have been severely fragmented. To restore this ecosystem, information on basic concerns such as plant material propagation, among others, should be generated. However, such an information is still insufficient. The objective of this paper is to report basic aspects of seed germination and rooted cuttings of *P. andina*. To evaluate germination, the seeds were subjected to three pregerminative treatments: 1) direct sowing, 2) stratification in wet sand, and 3) stratification with sulfuric acid. To evaluate rooting capacity, the cuttings were immersed in a solution containing 0, 500, 1,500 and 4,500 ppm of indole butyric acid. The results show that stratifying the seeds in sulfuric acid and immersing the cuttings in the 0 ppm of indole butyric acid solution give the best germination and rooting results, respectively. This indicates that the species needs pregerminative treatments to improve seed germination and that indole butyric acid in the tested doses does not improve the rooting capacity of the species.

**Keywords:** germination, rooted cuttings, pregerminative treatments

<sup>1</sup> Consultor Independiente. Maule, Chile. E-mail: persy\_gomez@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Forestal (INFOR), sede Bio Bio. Camino a Coronel Km 7.5, Concepción, Chile.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule. Avenida San Miguel 3605, Talca, Chile.

<sup>4</sup> Centro de Geomática, Universidad de Talca. Avenida Lircay s/n Talca, Chile.

## 1. INTRODUCCIÓN

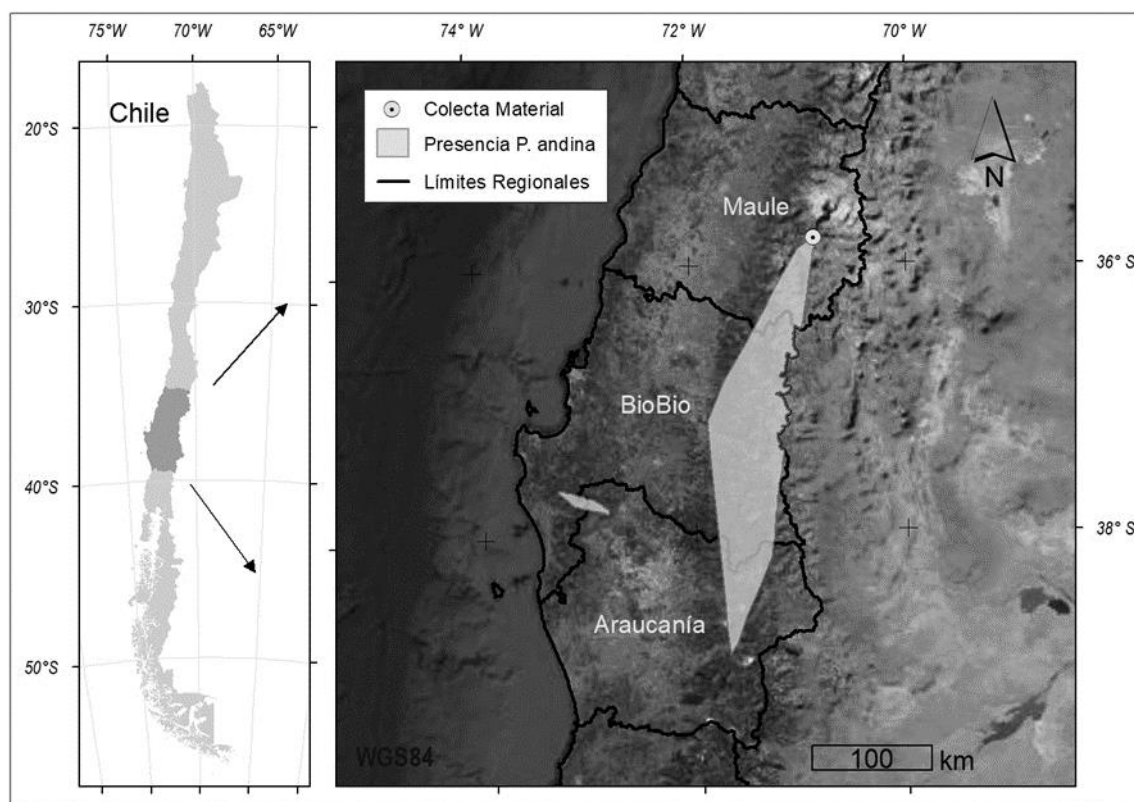
*Prumnopitys andina* (Poepp. ex Endl.) de Laub. es una conífera amenazada, endémica de Chile y Argentina, con una distribución geográfica restringida. La especie se encuentra principalmente en la Cordillera de los Andes de Chile desde la Región del Maule (35° 52'S) hasta la Región de la Araucanía (39° 30'S), con un rango altitudinal que va desde 200 a 1.380 m s.n.m. (Hechenleitner et al., 2005; Zamorano et al., 2008).

*P. andina* actualmente se encuentra catalogada como una especie “Rara (R)” por el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989), “Vulnerable (VU)” por la UICN Red List of Threatened Plants (Gardner, 2013), y “Vulnerable (VU)” por el Decreto DS 13/2013 Reglamento de Clasificación Especies de Chile (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2011). Sin embargo, existe escasa información acerca del estado actual de sus poblaciones (Donoso, 2006; Hechenleitner et al., 2005), la mayoría de las cuales han sido sometidas a procesos de pérdida y degradación de hábitat debido a la deforestación y al cambio de uso del suelo hacia plantaciones forestales con especies exóticas de rápido crecimiento (Aguayo et al., 2009; Altamirano y Lara, 2010). Por otra parte, no existen mayores antecedentes acerca del tamaño de las poblaciones en sus límites de distribución ni sobre la viabilidad de las poblaciones a través de la regeneración natural, proceso que se ha visto afectado por la alta frugivoría de sus semillas carnosas (Amigo et al., 2010).

En este escenario, dentro de las acciones iniciales para restaurar esta especie se debe prestar atención a su propagación y cultivo, un aspecto para el cual la información disponible es escasa y con resultados variables. Sin embargo, algunas investigaciones indican problemas en la germinación de las semillas de la especie, la cual es muy variable y puede tardar hasta 3 años en germinar (Donoso, 2006; Hechenleitner et al. 2005). El objetivo de este trabajo fue reportar algunos aspectos básicos de la germinación de las semillas de *P. andina* (Lleuque), mediante diferentes tratamientos pregerminativos, y del enraizamiento de esquejes de la especie, mediante distintas dosis de ácido indolbutírico.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con material genético de las poblaciones marginales de la especie debido a que los cambios en la variación interanual del clima son a menudo más evidentes en los límites de distribución de las especies, donde las condiciones ecológicas se encuentran próximas a los límites de tolerancia y donde es previsible que las consecuencias sean mucho más severas (Britten y Baker, 2002). La colecta de material vegetal y semillas se realizó en febrero del año 2017 en una población de *P. andina* ubicada en el límite norte de su distribución natural (San Clemente, Región del Maule, Chile central, 35° 46' S, 70° 58' O, 878 m s.n.m., Fig. 1). Para evaluar germinación, se colectaron 3.600 semillas, y a su totalidad se les removió la pulpa de manera manual. Posteriormente, las semillas fueron sometidas a los siguientes tratamientos: 1) siembra directa, 2) estratificación en arena húmeda a 4 °C por 2 meses y siembra posterior a este periodo, y 3) estratificación con ácido sulfúrico concentrado y siembra posterior. El monitoreo de la germinación se realizó durante dos años, con una periodicidad mensual. Para la siembra se utilizaron contenedores rígidos de 100 ml. El sustrato utilizado consistió en corteza de pino compostada. El riego fue aplicado en forma diaria hasta que la semilla germinó. El porcentaje de germinación se determinó como el cociente entre la cantidad de semillas sembradas y el total de semillas germinadas.



**Figura 1.** Sitio de colecta de material vegetal de *P. andina* en la Región del Maule, Chile central. Polígono delimitado indica el área de distribución natural de la especie en Chile.

Para evaluar el enraizamiento de esquejes se utilizaron 15 árboles madre de edad desconocida, con un diámetro superior a los 25 cm y una altura aproximada de 15 metros y sin evidencia de enfermedades, deficiencias nutricionales o de herbívora, a los cuales se les cortaron ramas leñosas de la parte baja. La longitud de las ramas fue aproximadamente de 50 cm, con un diámetro aproximado de 5 cm y con inclusión de por lo menos un par de hojas y yemas axilares. Las ramas fueron cortadas con tijeras de podar previamente desinfectadas con etanol al 90 %. Para evitar la deshidratación, el material vegetal se trasladó en neveras portátiles al vivero del Jardín Botánico de la Universidad de Talca, Talca - Chile. Al segundo día de la colecta, sin pre-tratamiento de remojo y con bisturí previamente desinfectado, se aplicó un corte de 45° a cada rama obteniéndose esquejes de 20 cm con yemas axilares y terminales. Los esquejes fueron sumergidos en ácido indolbutírico por un tiempo de 2 minutos y posteriormente se plantaron a una profundidad de 5 cm. Se utilizó un total de 2.500 esquejes, con un número 166 esquejes por madre, los cuales fueron sumergidos en una solución conteniendo 0 ppm, 500 ppm, 1.500 ppm y 4.500 ppm de ácido indolbutírico. Los esquejes se mantuvieron desde el verano y hasta la primavera del año 2017 durante 8 meses (febrero hasta septiembre en el Hemisferio Sur) en condiciones de invernadero provisto de cama de enraizamiento mantenida a una temperatura de 21 °C en la base de las estacas y rellena con sustrato de corteza de pino compostada y turba desinfectada (SUNSHINE, N° 3). La temperatura de la cama de enraizamiento fue controlada mediante termostato. El invernadero no contaba con regulación de fotoperíodo ni temperatura ambiental, pero esta última osciló entre 5 °C a 18 °C para el período de cultivo. La humedad general se controló con un sistema de riego de nebulizador y frecuencia de tres veces por día en época estival (mes de febrero de 2017) y en horario diurno de 10:00 horas, 14:00 horas y 18:00 horas durante 30 segundos cada vez. El resto del período de cultivo, el riego fue reducido a una aplicación diaria de 20 minutos a las 08.00 horas, intentando mantener el ambiente del invernadero con una alta humedad. A partir del segundo y tercer mes los esquejes fueron descalzados para evaluar el porcentaje de estacas enraizadas. Los resultados preliminares para ambos experimentos (i.e., porcentaje de germinación

y de estacas enraizadas) se presentan mediante estadística descriptiva a partir del uso de planilla de cálculo Microsoft Excel.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

En relación a las semillas propagadas por vía sexual, se obtuvo un porcentaje de germinación promedio de 1,33 % y 1,07 % al año 1 y 2 respectivamente. Por otra parte, las semillas sembradas en los tratamientos de siembra directa y estratificación en arena húmeda alcanzaron porcentajes de germinación promedio más bajos (1,08 y 1,83 respectivamente) que aquellas sumergidas en ácido sulfúrico concentrado (i.e., 2,1 %), las cuales mostraron los mejores resultados el primer año (Tabla 1, Fig. 2). En este sentido, bajos porcentajes de germinación (entre 10 % y 15 %) también han sido reportados para la especie por Donoso y Cabello (1978) y Zamorano *et al.* (2008). Sin embargo, Gosling *et al.* (2005) y Hechenleitner *et al.* (2005) indican que el porcentaje de germinación puede aumentar a un 34 % mediante la escarificación mecánica con prensa y hasta 66% en semillas resquebrajadas y previamente estratificadas por 6 meses. *P. andina* presentaría un tipo de germinación asincrónica, es decir que las semillas no germinan todas durante el mismo periodo (Tabla 1). Estos resultados son consistentes con Hechenleitner *et al.* (2005), quienes sostienen que la germinación de semillas de la especie puede tardar desde 20 días a 3 años.

**Tabla 1.** Tratamientos pregerminativos y porcentaje de semillas germinadas de *P. andina*.

Tratamientos	Semillas sembradas (n)	Semillas germinadas Año 1 (%)	Semillas germinadas Año 2 (%)
Siembra directa	1.200	0	1,08
Estratificación en arena húmeda	1.200	0	1,83
Estratificación en ácido sulfúrico	1.200	4	0,30



**Figura 2.** Germinación de semillas de *P. andina*.

Respecto al enraizamiento de esquejes, la respuesta a la inducción de raíces se logró en todos los tratamientos, aunque con porcentajes de éxito muy diferentes, observándose un total de 15% de enraizamiento entre todos los tratamientos (384 estacas en total) (Tabla 2, Fig. 3). Los resultados presentados en la Tabla 2 muestran que el tratamiento sin AIB tuvo el mayor número de estacas enraizadas (29,9 % de enraizamiento), mientras que los tratamientos con 1.500 y 4.500 ppm de AIB solo un 19 % y 6,5 % de enraizamiento, respectivamente. El bajo porcentaje de enraizamiento no concuerda con lo reportado por Hechenleitner *et al.* (2005), quienes mencionan que ensayos con esquejes de *P. andina* tratados con 2.000 ppm de ácido indolbutírico pueden alcanzar hasta un 100 % de éxito. Si bien el bajo porcentaje de enraizamiento no concuerda con lo reportado por Hechenleitner *et al.* (2005), niveles intermedios de AIB (1.500 ppm) y más cercanos a los reportados por estos autores mostraron un nivel de enraizamiento mucho mayor en relación a los otros dos tratamientos que tenían diferencias de hasta tres veces en la concentración de AIB. Esto que sugiere que la utilización de AIB no siempre mejoraría la capacidad de enraizamiento. Otros estudios con especies leñosas han reportado que la dosis óptima de auxinas para promover el enraizado varía en función de factores como la juvenilidad y estado fisiológico de la planta donante, la edad, tipo y posición de la estaca en la planta o la época del año en que se obtienen (Majada *et al.*, 2011; Muñoz-Gutiérrez *et al.*, 2009; Nagash, 2002; Ruiz-García *et al.*, 2005; Rivera-Rodríguez *et al.*, 2016). Los bajos porcentajes obtenidos pueden deberse a que las plantas madre, si bien eran aparentemente sanas y sin deficiencias nutricionales visuales, eran de edad avanzada y las ramas extraídas de la parte baja de la planta se encontraban muy lignificadas. Se sabe que a medida que aumenta la edad del material a propagar, disminuye la capacidad de enraizamiento debido al aumento de inhibidores de enraizamiento y a la disminución de compuestos fenólicos que actúan como sinergistas de la auxina que participa en la iniciación de raíces, y que, en algunas especies, las estacas obtenidas desde el ápice tienen un mayor porcentaje de enraizamiento (Hartman y Kester, 1997). Esto último puede deberse a que las estacas apicales pueden contener una mayor cantidad de promotores de enraizamiento originados en la yema terminal, lo que estimularía la iniciación de raíces (Hartman *et al.*, 2014). No obstante, los factores que afectan la capacidad de enraizamiento en *P. andina* requieren mayor investigación.

**Tabla 2.** Número de esquejes de *P. andina* enraizados para diferentes tratamientos con ácido indolbutírico (AIB).

Tratamientos	Número de estacas plantadas	Número de estacas enraizadas	Porcentaje de enraizamiento
0 ppm AIB	625	187	29,9
500 ppm AIB	625	37	5,9
1.500 ppm AIB	625	119	19,0
4.500 ppm AIB	625	41	6,5
<b>Total</b>	<b>2.500</b>	<b>384</b>	



**Figura 3.** Formación de primeras raicillas en estaca de *P. andina*.

#### 4. CONCLUSIONES

En la actualidad, en Chile, no existe un protocolo de propagación que sea replicable y asegure la conservación de *P. andina*, sin embargo, nuestros resultados preliminares muestran que las semillas de la especie requieren tratamientos pregerminativos como escarificación ácida para mejorar el proceso de germinación. Los resultados sobre el enraizamiento de esquejes no son concluyentes, pero sugieren que concentraciones muy altas o muy bajas de la hormona no mejoran la capacidad de enraizamiento de la especie. Este estudio otorga resultados preliminares para futuras investigaciones orientadas a obtener material vegetal que pueda ser utilizado en programas de restauración de la especie.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguayo, M.; A. Pauchard; G. Azócar y O. Parra. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82:361-374.
- Altamirano, A. y A. Lara. 2010. Deforestación en Ecosistemas Templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque* 31(1):53-64.
- Amigo J.; M. A. Rodríguez-Gutián y C. Ramírez. 2010. The LLeuque forests of South Central Chile: a phytosociological study and syntaxonomical classification within South American temperate forests. *Lazaroa* 31:85-98.
- Benoit, I. 1989. *Libro rojo de la flora terrestre de Chile*. CONAF, Santiago, Chile. 157 p.

- Britten, H. y R. Baker. 2002. Landscape connections and genetic diversity. *En: Gutzwiller K.(Ed.). Applying Landscape Ecology in Biological Conservation*, p. 131-149. Springer, New York, United States of America.
- Donoso, C. 2006. Floración, fructificación y semillación. *En: Donoso Zegers C.(Ed.). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología*. p. 21-28. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia, Chile.
- Donoso, C. y A. Cabello. 1978. Antecedentes fenológicos de germinación de semillas de especies leñosas chilenas. *Ciencias Forestales (Chile)* 1:31-41.
- Gardner, M. 2013. *Prumnopitysandina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T35934A2861427. [en línea]. [fecha de consulta: 06 Julio 2020]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T35934A2861427>.
- Gosling, P. G.; L. M. Ives; V. J. Cunningham; P. Hechenleitner; P. Brown-less; P. Thomas y C. Martínez. 2005. Preliminary advice on fruit handling, seed pretreatment and germination of embryos of *Prumnopitysandina*. *Sibbaldia* 3:41-50.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1997. *Propagación de plantas, principios y prácticas*. Continental, México. 760 p.
- Hartmann, H. T.; D. E. Kester; F. T. Davies y R. L. Geneve. 2001. *Plant Propagation. Principles and Practices*. Pearson New International Edition, Harlow, United Kingdom. 922 p.
- Hechenleitner, P.; M. P. Gardner; P. I. Thomas; C. Echeverría; B. Escobar; P. Brownless y C. Martínez. 2005. *Plantas amenazadas del centro-surde Chile: distribución, conservación y propagación*. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo, Valdivia, Chile.187p.
- Majada, J; C. Martínez-Alonso; I. Feito; A. Kidelman; I. Aranda y R. Alia. 2011. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinuspinaster* Ait. *New Forests* 41:399-412.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. 2011.Reglamento de Clasificación Especies Silvestres (RCE). [en línea]. Fecha de consulta: 06 Julio de 2020. Disponible en: <http://www.mma.gob.cl/clasificacionesespecies/index2.htm>
- Muñoz-Gutiérrez, L.; J. J. Vargas-Hernández; J. López-Upton y M. Soto Hernández. 2009. Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxusglobosa*. *New Forests* 38:187-196.
- Nagash, L. 2002. Successful vegetative propagation techniques for the threatened African pencil cedar (*Juniperusprocera* Hochst. Ex Endl.). *Forest Ecology and Management* 161:53-64.
- Rivera-Rodríguez, M. O.; J. J. Vargas-Hernández; J. López-Upton; A. Villegas-Monter y M. Jimenez-Casas. 2016. Enraizamiento de estacas de *Pinuspatula*. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 39 (4):385-392.
- Ruiz-García, R.; J. J. Vargas-Hernández; V. M. Cetina-Alcalá y A Villegas-Monter. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelinaarborea*Roxb. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:319-326.
- Zamorano, C.; M. Cortés; C. Echeverría; P. Hechenleitner y A. Lara. 2008. Experiencias de restauración con especies forestales amenazadas en Chile. *En: M. González-Espinosa; J. M. Rey-Benayas y N. Ramírez-Marcial (Eds.). Restauración de bosques en América Latina*. p. 17-37. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE) y Editorial Mundi-Prensa, México.



TESIS DOCTORAL

**Variabilidad de la madera en diferentes poblaciones de *Prosopis alba*: influencia en la densidad básica, colorimetría y anatomía del leño**

*Wood variability in different populations of Prosopis alba: influence on the basic density, colorimetry and anatomy wood.*

Universidad Nacional de Santiago del Estero

Facultad de Ciencias Forestales

Directora: Dra. Juana Graciela Moglia<sup>1</sup> Codirector: Dra. Silvana Nisgoski<sup>2</sup>

**Cisneros, Ana Belen<sup>3</sup>**

**RESUMEN**

*Prosopis alba* es una de las especies forestales nativas de mayor importancia en Argentina. Comercialmente es muy valorada por las excelentes propiedades físico-mecánicas de su madera: muy estable, densa y de baja contracción volumétrica. En América del Sur, ocupa una amplia área de dispersión, sobre todo en el centro norte de Argentina. Con gran variedad de ambientes que produjeron diferenciaciones morfológicas, las cuales pueden o no estar relacionadas a diferencias en rasgos asociados a la calidad de la madera. Para estudiar la variabilidad de rasgos relacionados a la calidad de madera en diferentes ambientes, tales como: la densidad básica, colorimetría de la madera y características anatómicas, para estándares de calidad de madera, se seleccionaron tres rodales semilleros de bosques nativos (de poblaciones puras) y una plantación, de la región Chaqueña, Argentina. Fueron seleccionados seis individuos por sitio, tanto en los rodales nativos (Los Arias, Santiago del Estero; Villa Ángela, Chaco; Isla Cuba, Formosa) como en la plantación (Los Arias, Santiago del Estero) con características fenotípicas superiores. Se empleó un modelo lineal mixto, donde el sitio fue considerado como efecto fijo y el árbol como efecto aleatorio. Los rasgos medidos fueron la densidad básica de la madera, colorimetría cuantitativa con el sistema CIELab1976 y rasgos anatómicos del xilema. Los resultados muestran variaciones significativas entre sitios y dentro del árbol, en la mayoría de los rasgos analizados. Todos los parámetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  y  $h^*$ ) fueron positivos y se ubicaron en el primer cuadrante del sistema CIELab. El color de la madera fue entre un 5,71 y 8,03 %, más oscuro en sitios de mayor precipitación (Villa Ángela, Chaco e Isla Cuba, Formosa, respectivamente). Las diferencias del color en la madera tanto dentro del árbol, como en todos los rodales nativos respecto a la plantación fueron de apreciable a muy apreciables para el ojo humano  $>3$ . Los rodales nativos, de sitios más áridos tendieron a mostrar las densidades básicas más altas, 0,61-0,65 g/cm<sup>3</sup>, a mayores distancias desde la médula, la interacción sitio x distancias fue significativa. La correlación entre la densidad y características anatómicas, dendrométricas y parámetros colorimétricos fueron estadísticamente significativas en ciertos rasgos. Las correlaciones fueron de moderadas a bajas con una variación entre -0,70 a 0,68 ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, se observaron tendencias claras de aumento o disminución según las características evaluadas. Los resultados indican que el color y características anatómicas en la madera de *P. alba* son rasgos de calidad que puede variar ampliamente entre sitios y dentro del árbol. Las maderas de mayor densidad básica tienden a ser las más oscuras.

**Palabras claves:** colorimetría, densidad de la madera, sistema CIE- $L^*a^*b^*$ , *Prosopis alba*, características anatómicas, rodales semilleros, dendroplasticidad.

<sup>1</sup> 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. E-mail: vimog@unse.edu.rr

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brazil.

<sup>3</sup> Tesista. Ing. Ftal. Tesis presentada como requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Año 2020. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano 1912 (s). 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: cisnerosba@gmail.com

**ABSTRACT**

*Prosopis alba* is one of the most important native forest species in Argentina. Commercially it is highly valued for the excellent physical-mechanical properties of its wood: very stable, dense and low volumetric contraction. In South America, it occupies a wide area of dispersion, especially in the north center of Argentina. With a great variety of environments that produced morphological differentiations, which may or may not be related to differences in traits associated with the quality of the wood. To study the variability of features related to wood quality in different environments, such as basic density, wood colorimetry and anatomical characteristics, for wood quality standards, three seed stands of native forest were selected (from pure populations) and a plantation, from the Chaqueña region, Argentina. Six individuals were selected by site both in the native stands (Los Arias, Santiago del Estero; Villa Ángela, Chaco; Isla Cuba, Formosa) and in the plantation (Los Arias, Santiago del Estero) with superior phenotypic characteristics. A mixed linear model was used, where the site was considered as fixed effect and the tree as random effect. The traits measured were the basic wood density, quantitative colorimetry with the CIELab1976 system and anatomical features of the xylem. The results show significant variations among sites, and within the tree, in most of the traits analyzed. All the colorimetric parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  and  $h^*$ ) were positive and are in the first quadrant of the CIELab system. The wood color was between 5.71 and 8.03 % being darker in sites of higher rainfall (Villa Ángela, Chaco and Isla Cuba, Formosa, respectively). The differences in wood color both within tree as for all native stands with respect to plantation were appreciable to very appreciable for the human eye. The native stands of more arid sites tended to show the highest basic densities, 0.61-0.65 g/cm<sup>3</sup>, at greater distances from the pith, the *site x distances* interaction was significant. The correlation between density and anatomical, dendrometric characteristics and colorimetric parameters were statistically significant in certain traits. The correlations were moderate to low with a variation between -0.70 and 0.68 ( $p < 0,05$ ). However, clear trends of increase or decrease were observed according to the characteristics evaluated. The results indicate that the color and anatomical characteristics of *P. alba* wood are quality traits that can vary widely between sites and within the tree. Woods with higher basic density tend to be being darker.

**Key words:** colorimetry, wood density, CIELab system, *Prosopis alba*, anatomical characteristics, seed stands, dendroplasticity.

TESIS DOCTORAL

**Uso de la espectroscopia NIR en la evaluación no destructiva de la densidad básica y la estabilidad dimensional de la madera de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh**

*Use of NIR spectroscopy in the non-destructive evaluation of the basic density and dimensional stability of Eucalyptus camaldulensis Dehnh wood.*

Universidad Nacional de Santiago del Estero  
Facultad de Ciencias Forestales

Directora: Dra. Juana Graciela Moglia<sup>1</sup> Codirector: Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein<sup>2</sup>

**González, Pablo Damián<sup>3</sup>**

**RESUMEN**

La extracción selectiva y excesiva de especies forestales nativas de alto valor ha llevado a la degradación del recurso forestal en gran parte de la Región Chaqueña perjudicando el abastecimiento a las industrias madereras del NOA. La incorporación de especies con crecimiento rápido y de buena aptitud maderera permitirá diversificar la oferta de madera y disminuir la presión sobre el bosque nativo. Para evaluar ese comportamiento tecnológico es necesario implementar técnicas que caractericen la madera en forma rápida y no destructiva. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad predictiva de las propiedades físicas más influyentes en la calidad de la madera de *Eucalyptus camaldulensis* mediante la utilización de la técnica de NIRS (Espectroscopia en infrarrojo cercano). Se utilizaron 29 individuos seleccionados de un ensayo de progenies en Santiago del Estero, Argentina. La densidad básica, contracción e hinchamiento se determinaron de acuerdo a las normas IRAM e ISO. La adquisición espectral se realizó en el modo absorbancia en la región entre los 9.000 a 4.000  $\text{cm}^{-1}$  con resolución espectral de 2  $\text{cm}^{-1}$ . La técnica NIRS se mostró adecuada para estimar las propiedades estudiadas. Los resultados permiten concluir que los mejores modelos se generan a partir de espectros tratados mediante primera derivada y a partir de validación independiente tanto en la densidad como en la contracción de la madera, siendo esta última propiedad obtenida a partir de caras tangenciales. Para el hinchamiento se consiguió con espectros adquiridos en caras tangenciales y tratados con derivada, eliminación de outliers y selección de longitudes de onda. Se determinó que los materiales con mejor desempeño para uso sólido fueron los de procedencias **A**, **LL**, e **I** en cuanto a calidad de madera.

**Palabras claves:** *Eucalyptus camaldulensis*, calidad de madera, espectroscopia en infrarrojo cercano.

---

<sup>1</sup> 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. E-mail: vimog@unse.edu.ar

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Florestais - DCF, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Câmpus Universitário. Caixa Postal 3037 – CEP 37200-000 Lavras, Minas Gerais, Brasil.

<sup>3</sup> Tesista. Ing. Ftal. Tesis presentada como requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Año 2019. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano 1912 (s). 4200 Santiago del Estero. Argentina. E-mail: dgonzalez@unse.edu.ar

### ABSTRACT

The selective and excessive extraction of high value native forest species has led to the degradation of the forest resource in a large part of the Chaco Region, damaging the supply to the NOA's wood industries. The incorporation of species with rapid growth and good wood fitness will allow to diversify the wood supply and reduce pressure on native forest. To evaluate this technological behavior, is necessary to implement techniques that characterize wood quickly and non-destructively. The objective of this research was to evaluate the predictive capacity of the most influential physical properties in the quality of *Eucalyptus camaldulensis* wood by using the NIRS (Near Infrared Spectroscopy) technique. Twenty-nine selected individuals were used from a progeny trial in Santiago del Estero, Argentina. The basic density, shrinkage and swelling were determined according to the IRAM and ISO standards. The spectral acquisition was performed in the absorbance mode in the region between 9,000 to 4,000  $\text{cm}^{-1}$  with spectral resolution of 2  $\text{cm}^{-1}$ . The NIRS technique was adequate to estimate the properties studied. The results allow us to conclude that the best models are generated from spectra treated by first derivative and from independent validation both in the density and in the contraction of the wood, the latter being obtained from tangential faces. For swelling the model was achieved with spectra acquired on tangential faces and treated with derivative, elimination of outliers and selection of wavelengths. It was determined that the materials with the best performance for solid use were those of provenance **A**, **LL**, and **I** in terms of wood quality.

**Keywords:** *Eucalyptus camaldulensis*, wood quality, near infrared spectroscopy