



Yvyraretá

Revista Forestal País de Arboles



28 | DICIEMBRE 2020
www.yvyrareta.com.ar

Yvyraretá

Revista Forestal País de Arboles

Autoridades

Rectora

M.Sc. Ing. Alicia Violeta BOHREN

Vice-Rector

Ing. Fernando Luis KRAMER

Sec. Gral. de Ciencia y Tecnología:

Dr. Pedro Dario ZAPATA

Decano

Ing. Héctor Fabián ROMERO

Vice-Decano

Dr. Ing. Diego Ricardo BROZ

Sec. Académica

Lic. María Cristina BISCHOFF

Sec. Académica Adjunta

M.Sc. Norma VERA

Sec. de Postgrado

Ing. Guillermo WOITSCHACH

Sec. Extensión

Ing. Juan Mauricio QUEZADA ALVAREZ

Sec. Extensión Adjunta

Ing. Rosana Manuela MENDEZ

Sec. Administrativo

Sr. Carlos PEREYRA

Sec. Bienestar Estudiantil

Sr. Paulo Sebastian BECK

Sec. Bienestar Estudiantil Adjunto

Sr. Javier Ezequiel LOPEZ

Sec. de Ciencia y Técnica

Prof. Paola Fernanda DUARTE

Sec. Técnica de Sec. Ciencia y Técnica

Ing. Susana Mariela TERESCUCH



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SECRETARIA DE CIENCIA Y TÉCNICA

EDITORIAL

En esta edición de la Revista YVYRARETA, el comité editorial ha decidido seleccionar y publicar trabajos voluntarios presentados originalmente en las XVIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales (JOTEFA), realizadas en el mes de octubre de 2019 en la Ciudad de Eldorado. De esta manera, se invitó a los expositores a enviar los trabajos ampliados para su posterior edición y presentación.

Las Jornadas se desarrollan de manera ininterrumpida desde los años 90's, siendo organizadas en los últimos años de manera conjunta entre la Facultad de Ciencias Forestales UNaM, el INTA Regional Misiones y el Colegio de Ingenieros Forestales de la Provincia de Misiones. Las mismas tienen como objetivo la difusión de experiencias de investigadores y extensionistas en las diferentes modalidades de conferencias, exposiciones orales de trabajos técnicos y en formato posters.

Como resultado de las mismas, se destaca la participación e interacción entre los docentes, investigadores, técnicos, extensionistas, productores y estudiantes de carreras vinculadas a la temática, lo que se vio reflejado en cada trabajo técnico presentado tanto en formato oral como de poster. Pensar a la actividad científica y de transferencia desde esta mirada holística, da cuenta del compromiso de quienes asumen el rol de desarrollar conocimientos y tecnologías y aplicarlas a la realidad de la sociedad en la que están inmersas.

En su última edición, las conferencias y trabajos voluntarios abordaron temas relacionados a Bosques Implantados, Bosques Nativos y Recursos Naturales, Industria y Tecnología Forestal, Economía Forestal y Ambiental, Educación y extensión foresto-ambiental.

En este sentido, es que el lector podrá encontrar en esta edición de la revista, trabajos que reflejan la producción científica y el aporte significativo de cada grupo de investigación a la actividad foresto-industrial del país y la región.

Ing. Forestal Héctor Fabián Romero

DECANO

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones

Editada por:

Secretaría de Ciencia y Técnica

Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones.

Dis. Vanesa AYALA/ Ing. Susana Mariela TERESCUCH/ Sra. Pierina KAHLSTORF

Editor Responsable:

Ing. Héctor Fabián ROMERO

Editor Científico:

Prof. Paola Fernanda DUARTE

Editor Técnico:

Ing. Susana Mariela TERESCUCH

Revisión de texto en inglés:

Prof. Mónica FORTMANN

EVALUADORES DE ESTE NÚMERO

M.Sc. Domingo César Maiocco (FCF-UNaM)

M.Sc. Ramón Alejandro Friedl (FCF-UNaM)

Ing. Ftal. Cecilia Gonzalez (FCF-UNaM)

Ing. Ftal. Claudio Javier Dummel (FCF-UNaM)

M.Sc. Teresa Suirezs (FCF-UNaM)

M.Sc. Obdulio Pereyra (FCF-UNaM)

M.Sc. Norma Vera (FCF-UNaM)

M.Sc. Elisa Alicia Bobadilla (FCF-UNaM)

M.Sc. Elizabeth Weber (FCF-UNaM)

M.Sc. Miguel Angel Lopez (FCF-UNaM)

Dra. Marta Coronel de Renolfi (FCF- UNSE)

Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales:

M.Sc. Martin Alcides Pinazo (INTA EEA Montecarlo)

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

M.Sc. Ector Belaber (INTA EEA Montecarlo)

M.Sc. Ana Maria Lupi (INTA Castelar Buenos Aires)

Ing. Ind. Adelaida Bragañolo (FCF-UNaM)

M.Sc. Patricia Egolf (INTA CIEP)

M.Sc. Aldo Esteban Keller (INTA EEA Montecarlo)

Tapa y Contratapa: Ejemplares de lapacho negro (*Handroanthus heptaphyllus*) situados al borde de un camino vecinal en el Municipio Arroyo del Medio, Departamento Leandro N. Alem, Provincia Misiones.

Fotos: Ing. Ftal. Orona Martin

Referencias: Fecha de captura 06/08/20 a las 9:30 horas, coordenadas GPS (Latitud 27°42'48.00"S,

Longitud 55°24'35.38"O), altura del Drone sobre el nivel del suelo: 50 metros.

Diseño: Dis. Vanesa AYALA / Ing. Susana Mariela TERESCUCH

La Revista Forestal Yvyraretá es una publicación de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, en la que se dan a conocer resultados de investigaciones en un amplio campo de las áreas científicas forestales, ambientales y agronómicas.

La periodicidad de la misma es anual.

Se imprimen 20 ejemplares

Indizada en LATINDEX

Indizada en CAB ABSTRACTS

ISSN: 2469-004X (versión en línea)

ISSN: 0328-8854 (versión impresa)

La Revista no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos, siendo responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos.

Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a:

Sr. Editor Científico. Facultad de Ciencias Forestales.

Bertoni 124. 3380. Eldorado, Misiones, Argentina.

TE: 054 - 3751 - 431780/431526. Interno 112-130

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

ÍNDICE

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

APORTES PARA LA CREACIÓN DE UNA RESERVA NATURAL URBANA (RNU) EN UN REMANENTE DE BOSQUE DE ARAUCARIA EN EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA.....	6
CONTRIBUTIONS FOR THE ESTABLISHMENT OF AN URBAN NATURAL RESERVE (UNR) IN A REMNANT OF ARAUCARIA FOREST IN THE MUNICIPALITY OF SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA.	
Juan C. Rüssel, Guillermo Gil y Carbó, Juan P. Cinto.	
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MADERA DE <i>Pinus elliottii</i> Y <i>Pinus taeda</i> A TRAVÉS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS.....	15
COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF <i>Pinus elliottii</i> AND <i>Pinus taeda</i>	
Pamela Y. Fank, Diego A. García, Juan C. Piter.	
FUNCIONES DE VOLUMEN DE FUSTE PARA ÁRBOLES INDIVIDUALES DE PLANTACIONES DE <i>Prosopis alba</i> Griseb. DE FORMOSA Y SANTIAGO DEL ESTERO.....	22
STEM VOLUME FUNCTIONS FOR INDIVIDUAL TREES ON PLANTATIONS OF <i>Prosopis alba</i> Griseb. IN FORMOSA AND SANTIAGO DEL ESTERO	
Víctor R. Pérez, Marcelo R. Castro, Carla D. Rodríguez, Leandro Arce, José Mitre	
RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ENSAYO ADAPTATIVO DE KIRI (<i>Paulownias spp.</i>) EN SAN CARLOS, MENDOZA.....	29
PRELIMINARY RESULTS OF AN ADAPTIVE TRIAL OF KIRI (<i>Paulownia spp.</i>) IN SAN CARLOS, MENDOZA.	
Christian G. Tarnowski	
EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD EN EL MANEJO FORESTAL DE <i>Araucaria angustifolia</i> EN EL NE DE MISIONES.....	36
SUSTAINABILITY EVALUATION IN THE FOREST MANAGEMENT OF <i>Araucaria angustifolia</i> IN THE NE OF MISIONES	
Rocío M Garcia, Juan F Goya, Sarah L Burns	
IMPLEMENTACIÓN DE UN RODAL SEMILLERO DE <i>Prosopis chilensis</i> (Mol.) STUNTZ PARA OBTENCIÓN DE SEMILLA DE CATEGORÍA SELECCIONADA EN SAUJIL, CATAMARCA, ARGENTINA.....	42
IMPLEMENTATION OF A SEED STAND OF <i>Prosopis chilensis</i> (Mol.) STUNTZ FOR OBTAINING SEEDS OF SELECTED CATEGORY IN SAUJIL, CATAMARCA, ARGENTINA.	
Graciela E. Verzino, Javier E. Frassoni, Nidia Castillo, Jacqueline Joseau, Juan J. Cólica, Diego López Lauenstein, Aníbal Verga.	
EVALUACIÓN DEL RECURSO BIOMÁSICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A TRAVÉS DEL WISDOM DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT.....	49
EVALUATION OF THE BIOMASS RESOURCE FOR THE GENERATION OF RENEWABLE ENERGY BASED ON THE RESULTS OBTAINED BY THE WISDOM OF THE PROVINCE OF CHUBUT ARGENTINA.	
Laura Palomeque, Marilina Peñalva, Adriana Beider, Graciela Ponce, Érica Llanos, Lucas Gallo Mendoza, Axel Von Müller, Mariana Liberman, Marcos Rodriguez, María I. Bai, César Sanz, Eduardo Matinata, Damián Sotto, Marcelo Carpat, Cecilia Crespo, Adrián Contreras, Pedro Tagliabue, Fernando Pegoraro, Matías Ramírez, Mariana Gigena, José Bava, Fernando De Lillo, Lucas Cabrera, Ana L. Ardiles, Paola Marino.	

PRODUCTIVIDAD DURANTE COSECHA DE VAINAS DE ALGARROBO BLANCO. CASO DE ESTUDIO: COLONIA EL SIMBOLAR, DEPARTAMENTO ROBLES, PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA.....57
WHITE CAROB PODS PRODUCTIVITY WHILE HARVESTING. CASE STUDY: COLONIA EL SIMBOLAR, ROBLES DEPARTMENT, SANTIAGO DEL ESTERO PROVINCE, ARGENTINA.
García Jorge, Cardona Gabriela, Sánchez Ugalde Rocío.

ESTIMACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL VOLUMEN APROVECHABLE PARA ESPECIES COMERCIALES DE LA SELVA MISIONERA BAJO LA REGLA DEL DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTA ANTE DIFERENTES ESCENARIOS DE CRECIMIENTO Y DURACIÓN DEL CICLO DE CORTA.....63
LOGGING VOLUMEN RECOVERY FOR COMMERCIAL SPECIES OF THE FOREST OF MISIONES ACCORDING TO THE MINIMUM CUTTING DIAMETER, VARIOUS FOREST MANAGEMENT SCENARIOS AND CUTTING CYCLES

Martin A. Pinazo, Marcelo Fabián Arturi

DURABILIDAD NATURAL Y ABSORCIÓN EN MADERAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Y *Ruprechtia Laxiflora* Meisn. DEL DEPARTAMENTO ELDORADO MISIONES.....73
NATURAL DURABILITY AND ABSORPTION IN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze WOODS. AND *Ruprechtia Laxiflora* Meisn. IN THE DEPARTMENT OF ELDORADO MISIONES.
Hernán M. Godoy, Alicia M. Stehr, Teresa M. Surezs, Adelaida Bragañolo

APORTES PARA LA CREACIÓN DE UNA RESERVA NATURAL URBANA (RNU) EN UN REMANENTE DE BOSQUE DE ARAUCARIA EN EL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA.

CONTRIBUTIONS FOR THE ESTABLISHMENT OF AN URBAN NATURAL RESERVE (UNR) IN A REMNANT OF ARAUCARIA FOREST IN THE MUNICIPALITY OF SAN ANTONIO, MISIONES, ARGENTINA.

Fecha de Recepción: 12/12/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

Juan C. Rüssel.
Ing. Ftal. Esp. Biol. De la Conservación. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. Dirección: Bertoni 124, N3380 Eldorado, Misiones.
russelforestal@gmail.com

Guillermo Gil y Carbó.
Dr. en Ecología. Centro de Investigaciones Ecológicas Subtropicales (CIES). Dirección: AV. Victoria Aguirre 183, Puerto Iguazú (3370), Misiones, Argentina.
ggil@apn.gob.ar

Juan P. Cinto.
Ing. Ftal. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. Dirección: Bertoni 124, N3380 Eldorado, Misiones.
universidadyambiente@gmail.com

SUMMARY

Se propone crear una RNU dentro de la localidad de San Antonio (Misiones) en un remanente del bosque de Araucaria, con la presencia de especies de valor de conservación como *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Alsophila setosa* Kaulf. y un ave típica *Leptasthenura setaria* Temminck. Se presenta la información básica para un plan de manejo, así como los aspectos biológicos y sociales. Se realizó un estudio florístico y de aves, así como entrevistas y mapeo de actores sociales clave. La categoría propuesta sería una Reserva Natural Educativa, bajo la Administración de Parques Nacionales. Para ello, cuenta con el interés de esta organización, el gobierno municipal, la aceptación de los vecinos encuestados, la presencia de instituciones identificadas y actores clave.

Palabras clave: conservación, ecología urbana, ordenamiento territorial, áreas protegidas.

It is proposed to create a UNR within the town of San Antonio (Misiones) in a remnant of the Araucaria forest, with the presence of species of conservation value such as *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Alsophila setosa* Kaulf. and a typical bird *Leptasthenura setaria* Temminck. The basic information for a management plan is presented, as well as biological, social and legal aspects. A floristic and bird survey was carried out, as well as interviews and mapping of key social actors. The proposed category would be an Educational Natural Reserve, under the National Parks Administration. For this, it counts on the interest of this organization, the municipal government, the acceptance of surveyed neighbors, the presence of identified institutions and key actors.

Key words: conservation, urban ecology, territorial management, protected areas.

INTRODUCCIÓN

En la Argentina existen 437 unidades registradas en el sistema de áreas naturales protegidas, con una superficie terrestre protegida de 331.782 km² (MAyDS, 2016), de las cuales más de 80 podrían ser categorizadas como urbanas, siendo en su mayoría de dominio municipal o privado, el resto depende de universidades o institutos (MANZIONE *et al.*, s/f). Por su parte, Misiones cuenta con una superficie de 1,4 millones de hectáreas bajo algún tipo de protección, contando con cinco parques de carácter municipal que conservan rasgos naturales de interés dentro de las ciudades (MEyRNR, 2018). Las reservas naturales urbanas son sitios donde la comunidad metropolitana suele entrar en contacto por primera vez con los procesos ecológicos y dada la alta concentración de población, pueden convertirse en centros de difusión de temas de desarrollo sustentable y biodiversidad (BOSSO y DE FRANCESCO, 2001). Además, aseguran funciones y servicios ecológicos vitales como pulmones verdes o protección en cuencas y costas, conservan especies silvestres, contribuyen con fenómenos naturales, protegen recursos singulares y paisajes agrestes típicos, brindan oportunidades para la educación, la investigación, la capacitación y el turismo (RICHARD, 2009). Por otro lado, estos espacios son claves en la formación de nuevos líderes conservacionistas y tienen un impacto indirecto sobre otros escenarios silvestres, enseñando al público cómo comportarse en un Área Protegida (AP), respetando las normas, valorando y apoyando las muestras significativas de la biodiversidad regional (BURKART, 2007).

En un escenario de expansión horizontal, donde 9 de cada 10 argentinos viven en áreas urbanas (INDEC, 2012), con una acentuación de esta tendencia hacia el futuro producto de un crecimiento poblacional y la falta de planificación, ejercen presión sobre los relictos vegetales existentes en las ciudades, comprometiendo a las funciones

dentro de los ecosistemas urbanos que estos cumplen. En la localidad de San Antonio tales remanentes corresponden a los Bosques de Araucarias, quienes ocupan una reducida superficie en comparación con las otras formaciones de la provincia. Además, las mismas han sufrido una pérdida considerable, principalmente por la explotación de la *A. angustifolia* y de otras especies con las que compartía el dosel, dejando a dicha especie como críticamente amenazada en la lista roja de la UICN (THOMAS, 2013). Por lo tanto, dado el grado de alteración de este tipo de bosques, su escasa expresión geográfica en la Argentina y poca información a nivel nacional, tornan a sus remanentes de interés para la creación de una RNU.

El presente trabajo pretende aportar conocimientos y herramientas para la creación de una RNU en el municipio de San Antonio, al mismo tiempo procura: 1- mejorar el conocimiento natural del área propuesta como RNU, 2- identificar especies de alto valor de conservación, 3- evidenciar los conocimientos y posición de la comunidad próximos al área propuesta, con respecto a la creación de la RNU y 4- identificar actores claves para la creación y manejo de la RNU.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y límites

La RNU propuesta es un espacio emplazado en un remanente de 2 ha, en la ciudad de San Antonio, en el municipio homónimo, perteneciente al Departamento General Manuel Belgrano, en la Provincia de Misiones (Argentina), fronterizo al estado de Paraná (Brasil). Este lote posee el punto más elevado a 566 metros m s. n. m., y el más bajo a 553 m s. n. m (APN, 2015). Su nomenclatura catastral corresponde al Lote 2B “subdivisión Lote 2”, zona de expansión A y sus coordenadas centrales son Latitud 26°03'34.21"S, Longitud 53°44'24.97"O, próxima a la Ruta Nacional N° 101. (Figura 1)



Figura 1. Ubicación de la Reserva Natural Urbana San Antonio (RNUSA) propuesta y los actores claves de la localidad.

Figure 1. Location of the proposed Urban Nature Reserve San Antonio (UNRSA) and key local actors.

Componente florístico

Para el levantamiento florístico y estructural se utilizaron 27 parcelas cuadradas de 100 m². Estas fueron dispuestas de manera sistemática cada 20 m a lo largo de transectos de longitud variable (FOSTER *et al.*, 1995). En cada unidad muestral, se midió la circunferencia a la altura del pecho (CAP) y la altura total con auxilio de una vara graduada; incluyendo todos los individuos arbóreos, lianas, helechos arborescentes y arbustos que presentaban CAP ≥ 10 cm, no incluyéndose los individuos muertos. Por otro lado, para complementar la descripción de la zona, se produjo un listado general de las especies para la posterior verificación de presencia de Especies de Alto Valor de Conservación o EAVC (BROWN *et al.*, 2013), ya sea por su grado de amenaza o exclusividad en la región. La identificación de las especies fue sustentada en bibliografía y consulta a especialistas. Los nombres científicos fueron corroborados y actualizados con base a las páginas de Trópicos (<http://www.tropicos.org>); el catálogo de plantas vasculares del Cono Sur (<http://www.darwin.edu.ar/proyectos/floraargentina/fa.htm>), The Plant List (<http://www.theplantlist.org>) y Taxonomic Name Resolution Service (tnrs.iplantcollaborative.org).

Para el análisis de la estructura arbórea, se utilizaron los parámetros cuantitativos: densidad absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa, dominancia absoluta y relativa, y el Valor de Importancia (VI), este último se obtiene de la división por tres de la sumatoria de los parámetros relativos arriba mencionados (MUELLER-DOMBOIS y ELLENBERG, 1974). El grado de amenaza de cada especie fue evaluado en las listas de especies amenazadas de la IUCN (International Union for Conservation of Nature, <http://www.theredlist.org>). Para definir las especies con distribución restringida, se corroboró con base al catálogo de plantas vasculares del Cono Sur del Instituto Darwinion (<http://www.darwin.edu.ar/proyectos/floraargentina/fa.htm>).

Relevamiento de aves

Dada la pequeña superficie y el tipo de vegetación, se estableció un punto central de observación/escucha (REYNOLDS *et al.*, 1980) con duración de 10 minutos, el cual se repitió seis veces con intervalos de una hora entre registros. Adicionalmente, durante el tiempo de espera entre un punto y otro, se realizaron cinco recorridas para observación, las cuales se llevaron a cabo a pie, por caminos periféricos y sendas preexistentes en el interior de la reserva propuesta y a un ritmo inferior a 1 km/h. Todas las observaciones ocasionales fueron agrupadas en dos listas: recorrida temprana (5:40 am a 9 am) y recorrida tardía (9:10 am a 12 pm) por medio de la aplicación e-bird (SULLIVAN *et al.*, 2009; <https://ebird.org>).

Los registros se realizaron por medio de observación con binoculares o comparaciones con guías sonoras (STRANECK y CARRIZO, 1990; BERNABÉ LÓPEZ-LANÚS, 2008 y 2017; VELAZQUEZ, 2008; y NAROSKY y YZURIETA, 2010) y xenocanto (www.xeno-canto.org). La abundancia se obtuvo del punto central, realizado varias veces, mientras que riqueza, a partir

de dicho punto, sumado a las recorridas de observación y escuchas oportunistas. A los fines del presente trabajo sólo se realizó dicho muestreo en un solo día, aunque es recomendable repetirlo en el futuro y en distintas épocas del año para tener un panorama más completo. La identificación de las especies fue realizada por especialistas, utilizando para el ordenamiento sistemático y la nomenclatura el propuesto por ROESLER y GONZÁLEZ TÁBOAS (2016) y la Categorización de las aves de la Argentina según su estado de conservación (AA/AOP y SAyDS, 2008).

Entrevistas. Identificación y Mapeo Actores Clave

En un radio de 300 m con centro ubicado en medio de la reserva propuesta, se seleccionaron al azar un total de 30 casas/locales, los cuales fueron relevados mediante una entrevista semi-estructurada para evaluar la amplitud de los conocimientos, opiniones, predisposición y actitudes con respecto al proyecto de creación. La misma fue realizada a personas mayores de 18 años, debido a que son quienes podrían decidir en el plano político la viabilidad en el corto plazo de la creación de la reserva. El procesamiento y análisis de los datos fue obtenido a través del software SPSS v.23 (IBM, 2015).

El cuestionario está conformado por tres partes de contenido. El primero procura conocer el perfil socioeconómico del entrevistado, el segundo trata la valoración de los beneficios sociales, económicos y ambientales de la reserva propuesta y la tercera parte indaga sobre el interés/influencia de los actores claves propuestos, además del nivel de compromiso del entrevistado con el proyecto. En este sentido, se adopta la definición de WEBER (1996) de actor clave entendiendo como tal a toda unidad generadora de acción o relación social, sea un individuo o un todo colectivo (grupo, asociación, etc.) que enlaza a su acción un sentido subjetivamente mentado, consciente o inconscientemente.

Para contextualizar la entrevista se preguntó por sí, o no, tenían conocimiento de la posibilidad de creación de Reservas Naturales dentro de las ciudades. Luego para constatar si los entrevistados conocían la ubicación de la reserva propuesta, se anexó una imagen satelital y en caso de desconocer se demarcaban los límites en ella.

En cambio, para establecer su vínculo con el lugar e indagar respecto de la opinión de los servicios culturales, beneficios económicas y servicios ambientales de la reserva propuesta, se usó una pregunta cerrada con respuesta en forma de opciones según una escala Likert (1932): 1 (en total desacuerdo), 2 (más o menos en desacuerdo), 3 (no lo importa, no sabe; aplicable como neutro según la pregunta), 4 (más o menos de acuerdo), 5 (totalmente de acuerdo). Para el primero, se preguntó si consideraba importante la creación de RNU en el lugar propuesto, mientras que para los beneficios se brindaron afirmaciones referidas a actividades, creencias, intenciones y servicios, que permite al receptor establecer una posición favorable o desfavorable hacia cada ítem. Asimismo, luego de preguntarle acerca de las actividades que considera de importancia que se realicen en la reserva propuesta, se le ha preguntado cuáles de ellas desarrollaría personalmente o en familia, para determinar las actividades prioritarias o evaluar si conocen los objetivos

de un área protegida (AP) de este tipo. Para el análisis de la escala de Likert se procedió a obtener una tabla de frecuencia para las cinco sentencias preestablecidas, cuyos valores están influenciados por la connotación positiva (Ítems+), negativa (Ítems-) o neutra (item 3) hacia la reserva propuesta en cada apartado. De este modo, la sumatoria de las positivas menos la sumatoria de las negativas da para cada encuestado un Puntaje Total (PT), el cual posteriormente se clasifica en clases. (Tabla 1).

Tabla 1. Criterio de evaluación de escala de Likert.**Table 1. Likert scale evaluation criterion.**

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 4	Pregunta 5
Ítems +	1	5	3	7
Ítems -	0	2	1	0
PT Máximo	5	23	14	35
PT Mínimo	1	-5	-2	7
Amplitud	4	28	16	28
Clase 1	1	<1	<1	<11
Clase 2	2	<6	<4	<16
Clase 3	3	<12	<7	<21
Clase 4	4	<18	<10	<26
Clase 5	5	>18	>10	>26

Como tercer paso, para determinar estas clases, también con una escala de 1 a 5 (1- muy bajo, 2- bajo, 3-a veces bajo a veces alto o no sabe, 4- alto, 5-muy alto), se ha llenado una matriz interés-influencia para un Mapeo de Actores Clave (MAC), dado que la misma permite acceder de manera rápida a la trama de relaciones sociales dadas en una zona determinada. Para presentar los datos obtenidos se utiliza una matriz de posicionamiento, donde el valor de abscisa es el Interés/Dependencia y el de ordenada Poder/Influencia, mientras que el grado de compromiso (interés + poder) es representado con la superficie de la burbuja (TA-PELLA, 2007). Los actores clave propuestos son las Comisiones Barriales lindantes, la Administración Municipal (Municipalidad y el Honorable Consejo Deliberante de San Antonio), agroforestal y productivo (INTA), órganos encargados de la biodiversidad (APN y MEyRNR), la protección civil (Gendarmería Nacional), entre otros que pudieran

sugerir los entrevistados (ONGs). Además, dentro de este apartado se le brinda al entrevistado la opción de decidir quién/es debería ser los encargados de la gestión del predio según su percepción y conocimiento de las funciones de las instituciones.

Finalmente, en lo que respecta a la colaboración en la creación y mantenimiento de la reserva, la orientación de la conducta se deduce de las afirmaciones presentadas y la elección de estas por parte del receptor.

RESULTADOS

Levantamiento florístico

En el estrato arbóreo fueron relevados 318 individuos, pertenecientes a 38 géneros y 41 especies. De ellas, solo una no fue identificada, un espécimen de la familia Verbenaceae perteneciente al género *Aegiphila*. Resultaron registradas 24 familias, de las cuales, las de mayor importancia en número de especies y riqueza florística para el área fueron Lauraceae (27 especies) seguida de Meliaceae (25), Euphorbiaceae (8), Primulaceae (8), Leguminosae (7), Salicaceae (7) y Aquifoliaceae (6). A pesar de ello, el mayor número de ejemplares se registra para la familia Cyatheaceae con un total de 198 individuos, todos de la especie *Alsophila setosa* (Tabla 2).

En términos estructurales el área basal es de 25,98 m²/ha y las especies con mayor abundancia, dominancia y frecuencia (y por tanto, con mayor VI) fueron *Alsophila setosa*, *Cabralea canjerana*, *Nectandra megapotamica*, *Ocotea diosyirifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ilex paraguariensis*. Las especies con mayor densidad fueron *Alsophila setosa*, *Cabralea canjerana*, *Nectandra megapotamica*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea diosyirifolia* y *Myrsine balansae*. (Tabla 2).

Por otro lado, en el listado total (no sólo árboles) de especies vegetales registradas se encontraron 76 familias, 206 géneros y 261 especies (incluidas las arriba citadas). De ellas, se destacan las siguientes como EAVC (Tabla 3).

Tabla 2. Parámetros fitosociológicos calculados para el área de estudio de las diez especies con mayor Valor de Importancia (VI).**Table 2. Phytosociological parameters calculated for the study area of the ten species with the highest Importance Value (VI).**

Especies	N	AA	AR	DA	DR	FA	FR	VI
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	198	733,33	62,26	6,72	25,87	88,8	19,67	35,93
<i>Cabralea canjerana</i> Saldanha	14	51,85	4,4	2,37	9,12	37	8,2	7,24
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	12	44,44	3,77	2,36	9,08	33,3	7,38	6,74
<i>Ocotea diosyirifolia</i> (Meisn.) Mez	9	33,33	2,83	1,84	7,07	25,9	5,74	5,21
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	10	37,04	3,14	1,6	6,17	25,9	5,74	5,02
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil	6	22,22	1,89	0,87	3,37	18,5	4,1	3,12
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	6	22,22	1,89	0,58	2,21	18,5	4,1	2,73
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart.	4	14,81	1,26	0,87	3,34	14,8	3,28	2,62
<i>Myrsine balansae</i> (Mez) Otegui	8	29,63	2,52	0,4	1,54	14,8	3,28	2,44
<i>Pisonia zapallo</i> Griseb.	3	11,11	0,94	0,85	3,25	11,1	2,46	2,22
Subtotal	270	999,98	84,9	18,46	71,02	288,6	63,95	73,27

AA: Abundancia Absoluta; AR: Abundancia Relativa (%); DA: Dominancia Absoluta; DR: Dominancia Relativa (%); FA: Frecuencia Absoluta (%); FR: Frecuencia Relativa (%) VI: Valor de Importancia (%).

Tabla 3. Especies Vegetales de Alto Valor de Conservación. Listado de especies amenazadas de extinción IUCN, Categoría de amenaza según la IUCN, CR=Criticamente en Peligro, EN= En Peligro. Especies de distribución restringida según el Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur.

Table 3. High Conservation Value Vegetable Species. List of species threatened with extinction IUCN, Threatened status according IUCN, CR=Critically Endangered, EN= Endangered. Restricted range species according to the Catalogue of Vascular Plants of the Southern Cone.

Especie	Familia	IUCN	Distribución restringida
<i>Alchornea sidifolia</i>	Euphorbiaceae		SI
<i>Alsophila setosa</i>	Cyatheaceae		SI
<i>Araucaria angustifolia</i>	Araucariaceae	CR	SI
<i>Baifurodendron riedelianum</i>	Rutaceae	EN	
<i>Banara parviflora</i>	Salicaceae		SI
<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	EN	
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	Lauraceae		SI
<i>Heteropterys aenea</i>	Malpighiaceae		Nueva cita para Argentina
<i>Passiflora tricuspidata</i>	Passifloraceae		SI
<i>Picrasma crenata</i>	Simaroubaceae		SI
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Euphorbiaceae		SI
<i>Thinouia mucronata</i>	Sapindaceae		SI
<i>Trichilia clausenii</i>	Meliaceae		SI
<i>Vernonanthura petiolaris</i>	Compositae		SI
<i>Zygopeplum maxillare</i>	Orchidaceae		SI

Relevamiento de aves

Se registraron un total de 52 especies: 27 especies a lo largo de seis puntos de monitoreo y las 25 restantes en los recorridos, obteniendo un total de 232 registros, siendo 122 y 110 para cada método respectivamente. Las especies más frecuentes fueron *Pitangus sulphuratus* (11), *Turdus leucomelas* (11), *Myiothlypis leocoblephara* (9), *Leptotila verreauxi*, *Furnarius rufus*, *Campylorhynchus turdinus* (6) durante los muestreos del punto central. Mientras que *Coragyps atratus*, *Leptasthenura setaria*, *Progne chalybea* (4), *Crypturellus tataupa*, *Ictinia plumbea* y *Aramides saracura* (2) lo fueron en las recorridas. Estas especies pertenecen a 25 familias, siendo las de mayor número de especies Tyrannidae (9), Thaupidae (5), Columbidae (4), Turdidae (4), Furnariidae (3) y Parulidae (3).

Finalmente, se encontró una especie de ave categorizada como amenazada (AA/AOP y SAyDS 2008), el Coludito de los Pinos (*Leptasthenura setaria*), y por lo tanto, de alto valor de conservación para el área. Es una especie íntimamente relacionada al pino Paraná, llegando a ser tres veces más abundante en lotes densos o implantados. Con la perdida de rodales nativos, debió desplazar su distribución original hacia el oeste y sur donde se encuentran plantaciones (BODRATI *et al.*, 2010). Estas características le permiten resistir las transformaciones de la selva siempre que subsista el pino Paraná, adaptándose al medio

urbano y suburbano, tolerando inclusive la perturbación constante de aserraderos, motosierras, vehículos, ladridos de perros y viento (KRAUCZUK, 2001).

Aspectos socio-culturales

Fueron realizadas 22 entrevistas en la periferia de la reserva (Figura 1), donde el 60 % correspondió a mujeres y el 40% restante hombres, siendo la edad promedio de 42 años y el mayor grupo pertenece al rango de menores de 30 años de edad (31.8%), que viven hace menos de 5 años en el lugar (27.3%).

En general, la mayor parte de los encuestados no sabían que podían crearse Reservas Naturales dentro de las ciudades (59.1%), sin embargo, reconocieron al área propuesta como tal (72.7%) (Tabla 4). Esto se debe al cercado perimetral y la puesta de carteles por parte de Parques Nacionales en cumplimiento del convenio firmado con la municipalidad.

Tabla 4. Contextualización. Conocimiento de RNU en las ciudades (pregunta 1) y reconocimiento del lugar propuesto para tal fin en San Antonio, Misiones (pregunta 2).

Table 4. Contextualization. Knowledge of UNR in cities (question 1) and recognition of the proposed site in San Antonio, Misiones (question 2).

Posición	PREGUNTA 1		PREGUNTA 2	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
SI	9	49,9	16	72,7
NO	13	50,1	6	27,3
TOTAL	22	100	22	100

En el relevamiento, se ve reflejada la necesidad de un espacio para realizar paseos y recreación, avistaje de aves y actividades educativas, por otro lado, un gran número de encuestados dio como negativo realizar actividades como deporte y camping, las cuales consideran que no son apropiadas (ítems -) para este lugar en particular (63.6% y 68.2% respectivamente, Tabla 5).

Sin embargo, está latente la necesidad de espacios para estas características dado la aceptación de la propuesta (76.3% y 80% respectivamente, Tabla 6), por lo que deberá ser tenido en cuenta tanto en la zonificación como en el Plan de Gestión.

En mayor medida se registran los valores positivos asociados a la importancia de un espacio de estas características para la localidad de San Antonio (86.4%, Tabla 6, pregunta 1), donde en general destacaron que podrían realizarse en forma efectiva la totalidad de las actividades propuestas en la entrevista, destacándose una aceptación de propuestas mayor al 76.3% (Tabla 6, pregunta 2). Por otra parte, el mayor número de entrevistados se encuentra de acuerdo con los beneficios económicos sugeridos (Tabla 6, pregunta 4), con una salvedad, reconocen como indebido el cobro de entradas (ítems -) para la comunidad local. Finalmente, en lo que respecta a los servicios ambientales, el 95.5% de los servicios enlistados fueron aceptados por los entrevistados (Tabla 6, pregunta 5).

Tabla 5. Percepción. Actividades que realizarían los vecinos (pregunta 3), de crearse la Reserva Natural Urbana de San Antonio, Misiones.

Table 5. Perception. Activities that the neighbours would carry out (question 3), if the Urban Nature Reserve of San Antonio, Misiones were created.

Actividades	Si	No
a. Investigación	2 9,1%	20 90,9%
b. Actividades educativas para escuelas	9 40,9%	13 59,1%
c. Promoción del conocimiento, especies valoradas, tradiciones que tienen las personas sobre la naturaleza	6 27,3%	16 72,7%
d. Paseos contemplativos y de recreación	16 72,7%	6 27,3%
e. Avistaje de aves y otros animales	10 45,5%	12 54,5%
f. Práctica de deportes	8 36,4%	14 63,6%
g. Área de picnic y camping	7 31,8%	15 68,2%

Tabla 6. Percepción. Posición de los encuestados respecto a la importancia de la creación de la RNU (pregunta 1), servicios culturales (pregunta 2), beneficios económicos (pregunta 4) y servicios ambientales (pregunta 5) de una UNR en la localidad de San Antonio, Misiones.

Table 6. Perception. Position of respondents regarding the importance of the creation of the UNR (question 1), cultural services (question 2), economic benefits (question 4) and environmental services (question 5) of a UNR in the locality of San Antonio, Misiones.

Importancia (Pregunta 1)	Aceptación
1. En total desacuerdo	4,5%
2. Más o menos en desacuerdo	0,0%
3. No le importa, no sabe	9,1%
4. Más o menos de acuerdo	18,2%
5. Totalmente de acuerdo	68,2%

Actividades culturales (Pregunta 2)	Aceptación
a. Investigación	97,2%
b. Actividades educativas para escuelas	98,1%
c. Promoción del conocimiento, especies valoradas, tradiciones que tienen las personas sobre la naturaleza	94,5%
d. Paseos contemplativos y de recreación	94,5%
e. Avistaje de aves y otros animales	100%
f. Práctica de deportes	76,3%
g. Área de picnic y camping	80%

Beneficios Económicos (Pregunta 4)	Aceptación
a. Valorización de las propiedades vecinas a la RNU.	79,1%
b. Fuente de trabajo para atender la RNU o a sus visitantes.	84,5%
c. Mayores ingresos económicos para el municipio por cobro de entradas.	85,5%
d. Mayores ventas para los comercios cercanos a la RNU.	71,8%

Servicios Ambientales (Pregunta 5)	Aceptación
a. Dispersión de semillas de plantas nativas.	94,5%
b. Sitio de nidificación, alimentación, refugio para aves y mariposas.	96,4%
c. Conservación de la diversidad genética.	89,1%
d. Captura y almacenamiento de carbono y regulación del clima.	90,0%
e. Purificación del aire.	96,4%
f. Captación de agua pura para vertientes.	87,3%
g. Hábitat de animales que intervienen en la polinización de plantas cultivadas	93,6%

Actores clave

Del apartado tres de la entrevista realizada a los vecinos del área propuesta para la RNU del municipio de San Antonio, se puede categorizar a los actores clave en los siguientes tres grupos (Figura 2): Nula influencia (blanco): no tienen poder ni interés en la presente propuesta; mediana influencia (gris): poseen mucho interés, pero no suficiente poder y alta influencia (gris oscuro): tienen tanto interés como poder o influencia para decidir sobre el uso del área propuesta.

En la primera categoría se encuentran las ONGs, dado que los vecinos no reconocen ninguna entidad de este tipo en la localidad. En cambio, en los de mediana influencia se encuentran la Municipalidad y el Honorable Consejo Deliberante de San Antonio junto a las Comisiones Barriales. Finalmente, en el tercer grupo se encuentran instituciones afines a la conservación y la investigación, nucleando a Parques Nacionales, el Ministerio de Ecología, INTA y UNaM.

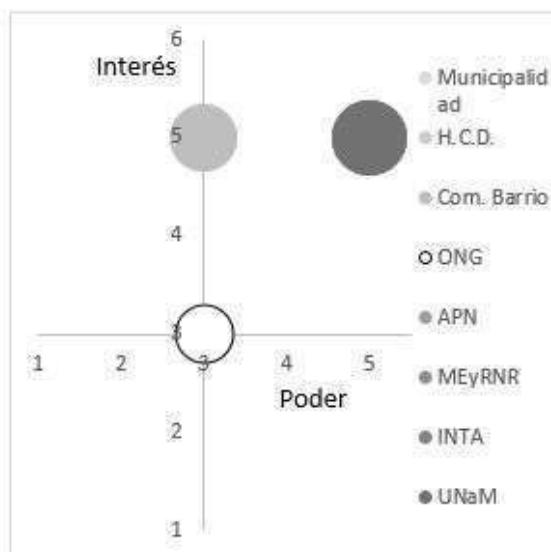


Figura 2. Matriz de posicionamiento (Interés/Poder) de los diferentes actores propuestos según opinión de los encuestados. La superficie de cada burbuja representa el grado (Interés + Poder) de cada actor. H.C.D= Honorable Consejo Deliberante de San Antonio, APN= Adm. Parques Nacionales, MEyRNR= Min. Ecología y Recursos Naturales Renovables, INTA= Inst. Nac. de Tecnología Agropecuaria, UNaM= Univ. Nac. de Misiones.

Figure 2. Positioning matrix (Interest/Power) of the different actors proposed according to the opinion of the respondents. The surface of each bubble represents the degree (Interest + Power) of each actor. H.C.D= Honorable Deliberative Council of San Antonio, APN= National Parks Administration, MEyRNR= Min. Ecology and Renewable Natural Resources, INTA= National Institute of Agricultural Technology, UNaM= National University of Misiones.

En lo que respecta al manejo y coordinación de la RNU, más de la mitad de los vecinos entrevistados prefirieron a la Administración de Parques Nacionales (54.5 %) por encima de los demás (Tabla 7). Sin embargo, se destaca la Municipalidad como un órgano de coordinación, por lo que toma mayor relevancia que la misma realice el pedido del lugar para destinarlo a una Reserva Natural Municipal para garantizar la conservación del lugar

Tabla 7. Actores que deberían manejar o coordinar las actividades dentro de la RNU en San Antonio.

Table 7. Actors who should manage or coordinate activities within UNR in San Antonio.

Actores	Frecuencia	Porcentaje (%)
Municipalidad de San Antonio	4	18,2
Administración de Parques Nacionales	12	54,5
Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables	1	4,5
INTA	1	4,5
Universidad Nacional de Misiones	2	9,1
No sabe, no contesta	2	9,1
Total	22	100,0

En términos de colaboración, el 86.4 % participaría en el proceso de creación de la RNU, destacándose la acción pasiva a través de la difusión de la importancia de estas áreas naturales (opción 2) y la firma de petición (opción 4) (Tabla 8). Esto tiene suma importancia, dado que son actividades fundamentales en el proceso de creación y en la promoción del lugar.

Tabla 8. Maneras de colaborar elegida por los vecinos para la creación de la RNU San Antonio. Participando y decidiendo dentro de la Comisión Barrial (Opción 1), informando sobre la importancia de la RNU (Opción 2), pidiendo ante los organismos estatales (Opción 3) o firmando una petición (Opción 4).

Table 8. Ways of collaborating chosen by the neighbours for the creation of UNR San Antonio. Participating and deciding within the Neighbourhood Commission (Option 1), reporting on the importance of the UNR (Option 2), requesting from state agencies (Option 3) or signing a petition (Option 4).

	Opción 1		Opción 2	
	Frecuencia	Porcentaje%	Frecuencia	Porcentaje%
Si	11	50,0	16	72,7
No	11	50,0	6	27,3
Total	22	100,0	22	100,0

	Opción 3		Opción 4	
	Frecuencia	Porcentaje%	Frecuencia	Porcentaje%
Si	11	50,0	17	77,3
No	11	50,0	5	22,7
Total	22	100,0	22	100,0

Mientras que para el mantenimiento, la mayor parte de los entrevistados se mostraron dispuestos a ayudar sobre todo en la denuncia de ilícitos (opción 1) y como voluntarios (opción 4) (Tabla 9). Esto debe ser incluido en el plan de gestión para armar programas con seria participación de los vecinos para garantizar el sentido de pertenencia del lugar.

Tabla 9. Maneras de colaborar elegida por los vecinos para mantener la RNU San Antonio. Denunciando ilícitos (Opción 1), pagando más impuestos para destinarlo a la RNU (Opción 2), donando insumos (Opción 3) o Voluntariado (Opción 4).

Table 9. Ways of collaborating chosen by neighbors to maintain UNR San Antonio. Reporting illicit activities (Option 1), paying more taxes to destine it to the UNR (Option 2), donating inputs (Option 3) or Volunteer (Option 4).

		<i>Opción 1</i>		<i>Opción 2</i>	
	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje%</i>	
Si	15	68,2	11	50,0	
No	7	31,8	11	50,0	
Total	22	100,0	22	100,0	

		<i>Opción 3</i>		<i>Opción 4</i>	
	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje%</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje%</i>	
Si	11	50,0	14	63,6	
No	11	50,0	8	36,4	
Total	22	100,0	22	100,0	

CONCLUSIONES

En primera instancia, el proyecto de creación necesita resolver el problema legal del predio, con un convenio más sólido firmado entre el municipio de San Antonio y APN. El mismo permitiría definir un límite claro, conocer el rol institucional y liberar de presiones de intrusión al mismo. Para la normalización se requiere de una ordenanza de creación de la reserva para la tramitación del otorgamiento de título a la APN, dado que la misma demuestra interés como órgano encargado de gestionar el área dentro de su estructura. El lugar cuenta con un estado de conservación que dista de un bosque primario, pero aun así mantiene al menos 22 ejemplares de Araucarias (*Araucaria angustifolia*), y una alta abundancia de Chachíes Bravos (*Alsophila setosa*), ambos Monumentos Naturales Provinciales (Ley provincial N° 19, antes Ley N° 2380/86 y Ley provincial N° 82, antes Ley N° 4186/05 respectivamente). Otro rasgo singular, en relación a la flora presente, es que se registraron también ejemplares de alto valor de conservación. Además, el área tiene un gran potencial para la observación de aves típicas de la selva como *Piaya cayana*, *Turdus leucomelas*, *Basileuterus culicivorus*, *Myiothlypis leocoblephara*, entre otros. Sin embargo, la especie de mayor relevancia es *Lep-*

tasthenura setaria. A pesar de que la comunidad vecina tiene una conceptualización baja de qué es una reserva natural urbana y cuáles son sus funciones, están en acuerdo en que es importante contar con un espacio así en la localidad de San Antonio y un gran número de estos quiere participar en la creación del área. En lo que respecta a las instituciones, la Municipalidad de San Antonio valora el espacio verde situado dentro de la ciudad que pueda mejorar la calidad de vida de los vecinos y se convertiría en un espacio atractivo. A Parques Nacionales le permite una mayor presencia en el sector, ofreciendo a la comunidad un lugar de esparcimiento, educación ambiental y asistencia en caso de emergencias de fauna silvestre. Por último, la denominación “Reserva Natural Educativa” define el perfil del sitio y es acorde bajo la categorización de APN (Decreto n° 453/1994), lo cual admite el manejo de esta institución sobre el lote en cuestión.

BIBLIOGRAFÍA

AA/AOP y SAyDS. 2008. Categorización de las aves de la Argentina según su estado de conservación. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires, Argentina.

APN. 2015. Relevamiento del lote en proceso de cesión desde el Municipio de San Antonio a la Administración de Parques Nacionales. Delegación Regional NEA. Dirección Nacional de Conservación de Áreas Protegidas.

BODRATI, A.; Cockle, K.; Segovia, J. M.; Roesler, I.; Areta, J. I.; Jordan, E. 2010. La avifauna del Parque Provincial Cruce Caballero, Provincia de Misiones, Argentina. Cotinga 32: 41–64.

BOSSO, A., De Francesco, V. 2001. Reservas Urbanas. Conviviendo con la Naturaleza. Naturaleza y Conservación, 9, 4-13.

BROWN, E.; Dudley, N.; Lindhe,A.; Muhtaman, D. R.; Stewart , C., Synnott, T. 2013. Guía genérica para la identificación de Altos Valores de Conservación. Red de Recursos de AVC (HCVRN).

BURKART, R. 2007. Las áreas protegidas argentinas. Herramienta superior para la conservación de nuestro patrimonio natural y cultural. Administración de Parques Nacionales. Buenos Aires, 87 p.

IBM Corp. 2015. IBM SPSS Statistics para Windows, Versión 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.

FOSTER, B. R.; Hernandez, N. C.; Kakudidi, E. K.; Burnham, R. J. 1995. Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los trópicos. Manuscrito no publicado. Chicago: Environmental and Conservation Programs, Field Museum of Natural History; and Washington, D. C.: Conservation Biology,

Conservation International.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2012. Censo nacional de población, hogares y viviendas 2010, censo del Bicentenario: resultados definitivos, Serie B nº 2. - 1a ed. - Buenos Aires. v. 1, 378 p.; ISBN 978-950-896-421-2.

KRAUCZUK, E. R. 2001. Consideraciones sobre el Coludito de los Pinos (*Leptasthenura setaria* Temminck, 1824) en la República Argentina. *Nuestras Aves* 41: 6–8.

LIKERT, R. 1932 The method of constructing an attitude scala. A technique for the measurement of attitudes. *Archive of Psychology*, monogr. (Nº 140): 44-53

LÓPEZ LANÚS, B. 2008. Sonidos de aves del Cono Sur. Audiornis Producciones, Buenos Aires. DVD.

LÓPEZ LANÚS, B. 2017. Guía Audiornis de las Aves de Argentina, fotos y sonidos; identificación por características contrapuestas y marcas sobre imágenes. Audiornis Producciones. Buenos Aires.

MANZIONE, M.; Haene, E.; Bosso A. (S/fecha). Reservas naturales urbanas. Aves Argentinas. Buenos Aires, 8 páginas.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (MAYDS). 2016. Informe del estado del ambiente. Presidencia de la Nación Argentina.

MINISTERIO DE ECOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA PROVINCIA DE MISIONES (MEyRNR). 2018. <http://www.ecologia.misiones.gov.ar/>

MUELLER-DOMBOIS, E.; Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley and Sons, 547p.

NAROSKY, T & D Yzurieta (2010) Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay. Edición de Oro. Vázquez Mazzini Editores, Buenos Aires.

REYNOLDS, R. T.; Scott, J. M.; Nussbaum, R. A. 1980. A Variable Circular-Plot Method for Estimating Bird Numbers. *The Condor*, 82(3), 309. <https://doi.org/10.2307/1367399>

RICHARD, E. 2009. Reservas urbanas: Modelos para educación ambiental, entretenimiento y turismo local. Rev. NLDE, Fund. emegece 1 (11): 20-21. ISSN 2070-9242 digital, ISSN 2070-8661 versión impresa.

ROESLER, I.; González Táboas, F. 2016. Lista de las aves argentinas. Aves Argentinas/AOP. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

STRANECK, R., y Carrizo, G. R. 1990. Canto de las aves de Misiones I y II. LOLA. Buenos Aires. Cassete.

SULLIVAN, B.; Wood, M. J.; Iliff, R. E.; Bonney, D.; Fink, and S. Kelling. 2009. eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142: 2282-2292

TAPELLA, E. 2007. El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario, Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI).

THOMAS, P. 2013. *Araucaria angustifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T32975A2829141. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T32975A2829141.en>.

VELÁZQUEZ, M. 2008. Sonidos de Aves del Cono Sur. Buenos Aires. CD-Rom

WEBER, M. 1996. Economía y sociedad. México: Fondo de Cultura Económica.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MADERA DE *Pinus elliottii* Y *Pinus taeda* A TRAVÉS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF *Pinus elliottii* AND *Pinus taeda*

Fecha de Recepción: 22/09/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

Pamela Y. Fank

Doctora Ingeniera, Investigadora del Grupo GEMA, Depto. Ingeniería Civil, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.

pamela_fank@yahoo.com.ar

Diego A. García

Doctor Ingeniero, Investigador del Laboratorio de Ingeniería Civil, Facultad de ingeniería de Oberá, Universidad Nacional de Misiones. CONICET.

garciadiego@fio.unam.edu.ar

Juan C. Piter

Doctor Ingeniero, Investigador del Grupo GEMA, Depto. Ingeniería Civil, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional.

jc.piter@gmail.com.

En nuestro país las especies renovables *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* son las principales proveedoras de la materia prima destinada a la producción de madera aserrada para la construcción. Actualmente los árboles procedentes de ambas especies son comercializados y utilizados en forma conjunta debido a la dificultad de distinguirlos luego del proceso de aserrado. Tampoco existen estudios que evidencien una diferencia significativa entre sus propiedades físico-mecánicas. Con el objetivo de determinar el nivel de significación de la diferencia en el comportamiento mecánico del *Pinus elliottii* y el *Pinus taeda*, se diseñó un proyecto empírico que involucró un total de 233 tablas distribuidas en 2 muestras, una por especie. Los valores de resistencia a flexión, rigidez y densidad fueron determinados siguiendo los lineamientos de la norma IRAM 9663. Los resultados obtenidos indicaron que, a pesar de alguna discrepancia relacionada con la densidad, ambas especies en estudio presentan un comportamiento mecánico similar, lo cual está en línea con el criterio adoptado por el CIRSOC 601 y las normas de clasificación visual IRAM 9662-3 e IRAM 9670 que consideran las dos especies en forma conjunta para uso estructural.

Palabras clave: resistencia a flexión, rigidez, densidad.

SUMMARY

In our country the renewable species *Pinus elliottii* and *Pinus taeda* are the main suppliers of the raw material for the production of sawn timber for construction. Currently, trees from both species are marketed and used together due to the difficulty of distinguishing them after the sawing process. No studies are available to show a significant difference between its physical-mechanical properties. In order to determine the level of significance between *Pinus elliottii*'s and *Pinus taeda*'s mechanical behavior, an empirical project enclosing 2 samples (233 boards) was designed. Bending strength, stiffness and density were determined by following the procedures of IRAM 9663. The results showed that, in spite of some discrepancy related to the density, both species have similar mechanical behavior, which is in line with the criterion adopted by Argentinean standards (CIRSOC 601; IRAM 96623; IRAM 9670) that consider the two species together for structural use.

Key words: bending strength, stiffness, density.

INTRODUCCIÓN

La madera es un recurso renovable que se integra perfectamente en las actuales tendencias encaminadas a preservar el medio ambiente, por lo que la legislación argentina no establece restricciones ambientales que limiten la actividad forestal. Actualmente en nuestro país la productividad de las plantaciones es alta, e iguala o supera a la de muchos países tradicionalmente forestales.

Los bosques implantados cubren aproximadamente una superficie de 1,12 millones de hectáreas de las cuales el 64% está constituido por coníferas, siendo la región de la Mesopotamia la que concentra la mayor proporción (Dirección de Producción Forestal 2016). Los bosques cultivados con coníferas ascienden a 640.000 hectáreas solamente considerando las provincias de Misiones y Corrientes, lo que representa el 90% del total nacional forestado con dicho género. A la vez, de las 405.000 hectáreas ubicadas en la provincia de Misiones, el 82% se corresponde con plantaciones de pino resinoso, siendo los más difundidos el *Pinus taeda* seguido por el *Pinus elliottii* (ELIZONDO 2015; SIFIP 2016).

Los árboles de ambas especies exhiben un aspecto exterior similar. Son pinos de gran porte que cuentan con una copa densa y piramidal con ramas inclinadas hacia arriba, y un tronco recto con corteza gruesa de color castaño y profundas hendiduras (DI MARCO 2014). El *P. elliottii* se destaca por sus cualidades para la extracción de resinas siendo considerado un excelente productor de miera, en contraste con el *P. taeda* que se caracteriza por una escasa producción de dicha sustancia (PEREIRA MENDES 2017). Estos pinos suelen presentar turnos de rotación cortos gracias a la alta tasa de crecimiento anual de los bosques, los que son favorecidos por el clima y la calidad de los suelos. Generalmente las rotaciones para madera aserrada están comprendidas entre los 16 y 30 años dependiendo de las especies, las características ecológicas de los sitios y el destino de la plantación o finalidad de la madera a ser producida (CHIFARELLI 2008; Dirección de Producción Forestal 2016), aspecto que determina a su vez la aplicación o no de tratamientos de silvicultura en los montes, tales como la práctica de poda y la intensidad de los raleos (DI MARCO 2014; FASSOLA 2004).

El *Pinus elliottii* y el *Pinus taeda*, a su vez, son los principales proveedores de la materia prima destinada a la producción de madera aserrada para la construcción en nuestro país. Actualmente los árboles procedentes de ambas especies son comercializados y utilizados en forma conjunta debido a la dificultad para distinguirlos luego del proceso de aserrado. Asimismo, tanto las reglas nacionales de diseño estructural (INTI CIRSOC 601 2016) como las normas vigentes de clasificación visual por resistencia (IRAM 9662-3 2015; IRAM 9670 2002) los consideran como un grupo de especies puesto que, además de que la madera aserrada presenta apariencia similar, aún no se ha comprobado una diferencia significativa entre sus propiedades fisico-mecánicas (FANK *et al.*, 2017; MOYA *et al.*, 2015a, 2015b; SANTINI *et al.*, 2000).

Con el objetivo de determinar el nivel de significación de la diferencia en el comportamiento mecánico para uso estructural del *Pinus elliottii* y el *Pinus taeda*, en este trabajo se lleva a cabo un análisis entre las propiedades de

resistencia a flexión, rigidez y densidad de ambas especies de pino resinoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material destinado a la investigación empírica estuvo conformado por dos muestras integradas por tablas de 500 mm de longitud, éstas fueron extraídas de árboles con similar edad de corte cultivados en la provincia de Misiones. El criterio de selección de las piezas aserradas se orientó a lograr una muestra representativa de la calidad general del material producido, es decir, estas fueron elegidas al azar con el propósito que el material destinado a ensayos represente adecuadamente las características naturales de las especies estudiadas y los procesos de producción empleados para su transformación en piezas estructurales (IRAM 9664 2013).

La muestra ME estuvo compuesta por 116 cuerpos de prueba de *Pinus elliottii* (27 años de edad sin práctica de silvicultura alguna) y la muestra MT por 117 de *Pinus taeda* (30 años de edad sometida a dos turnos de poda), adoptándose una sección transversal única de 1 x 4 pulgadas por ser la de uso más frecuente en el país tanto en calidad de madera aserrada como para la elaboración de vigas laminadas.

El proceso experimental fue llevado a cabo en el laboratorio de Ing. Civil de la Facultad Regional Concepción del Uruguay – UTN, e involucró la realización de ensayos estáticos a flexión de plano conforme a las prescripciones de la norma IRAM 9663 (2013). Como puede apreciarse en la Figura 1, para la aplicación de las cargas se utilizó una máquina de ensayos universales con capacidad de desplazar el cabezal a velocidad constante.

Una vez finalizada cada prueba se cortó una fracción de la pieza de madera libre de defectos, para determinar el contenido de humedad (ISO 3130 1975) y la densidad (ISO 3131 1975). Los valores de resistencia y módulo de elasticidad fueron calculados de acuerdo a las ecuaciones provistas por la norma IRAM 9663 (2013). Tanto los valores de las propiedades mecánicas como de la densidad aparente fueron ajustados a las condiciones de referencia establecidas en la norma IRAM 9664 (2013).



Figura 1. Ensayo de flexión estática de plano.

Figure 1. Plane static bending test.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a través de los ensayos de flexión estática se presentan en la Tabla 1 discriminados por muestra, especificando la especie en cada caso. El contenido de humedad medio arrojó un valor medio de 11,4% (CV = 8%) y 12,5% (CV = 8%) para el *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*, respectivamente. Como el contenido de humedad resultó similar al 12% asociado a un bajo coeficiente de variación, se puede descartar una influencia desigual de esta variable sobre la resistencia de ambas muestras.

La resistencia a flexión, como puede apreciarse en la Tabla 1, acusó un valor medio similar para ambas especies ($f_m \approx 31 \text{ N/mm}^2$) asociado a elevados coeficientes de variación (CV promedio = 38%). O'NEILL (2004) reportó valores algo mayores ($f_m = 37,9 \text{ N/mm}^2$, CV=42%) para el *Pinus taeda* de 24 años de edad cultivado en Uruguay, igualmente MOYA *et al.*, (2017) publicaron una resistencia f_m de 39,5 N/mm² (CV = 42%) para la madera aserrada de *Pinus taeda/elliottii* de calidad estructural. MELCHIORETTO y Eleotério (2003) determinaron valores de resistencia aún mayores para el *P. elliottii* ($f_m = 46,4 \text{ N/mm}^2$, CV=13%) y *P. taeda* ($f_m = 49,0 \text{ N/mm}^2$, CV = 18%) de 25 años de edad procedente de Brasil, donde los bajos CV indican madera de calidad. BALLARIN *et al.*, (2017) reportaron para el pino brasílico (*Pinus taeda/elliottii*) una fm media de 46,1 N/mm² para madera aserrada de alta calidad mientras que esta cifra desciende a 32,0 N/mm² en aquellas piezas estructurales de menor calidad.

Tabla 1. Propiedades mecánicas a flexión y densidad discriminadas por muestra.

Table 1. Bending and density mechanical properties discriminated by sample.

Propiedad	ME: <i>P. elliottii</i> (n = 116)	MT: <i>P. taeda</i> (n = 117)
	Mínimo [N/mm ²]	13,1
f_m (1)	Medio [N/mm ²]	31,0
	Máximo [N/mm ²]	66,4
	CV [%]	40
	Mínimo [N/mm ²]	2747
E_{mg} (2)	Medio [N/mm ²]	6964
	Máximo [N/mm ²]	16003
	CV [%]	43
	Mínimo [kg/m ³]	336
ρ (2)	Medio [kg/m ³]	490
	Máximo [kg/m ³]	711
	CV [%]	16
	Máximo [kg/m ³]	609
		12

Nota. (1) Valor ajustado a la altura de referencia de 150 mm de acuerdo a la norma IRAM 9664 (2013); (2) Valores corregidos al contenido de humedad de referencia (12%) de acuerdo a la norma IRAM 9664 (2013); f_m : resistencia a flexión; E_{mg} : módulo de elasticidad; ρ : densidad aparente; CV: coeficiente de variación; n: cantidad de cuerpos de prueba.

El módulo de elasticidad (E_{mg}), por su parte, presentó un valor medio un 11% inferior para el *P. elliottii* (6964 N/mm²) respecto del *P. taeda* (7742 N/mm²), ambos relacionados con elevados coeficientes de variación (ver Ta-

bla 1). Resultados similares fueron obtenidos por O'NEILL (2004) para el *Pino taeda* cultivado en Uruguay (8354 N/mm²) y por SANTINI *et al.*, (2000) para el *Pinus elliottii* procedente de Brasil (7185 N/mm²). No obstante, MUÑIZ (1993) determinó valores superiores para ambas especies (aproximadamente 12000 N/mm²) mientras que MELCHIORETTO y Eleotério (2003) reportaron cifras algo menores a las determinadas en este trabajo, 5288 N/mm² (CV = 24%) y 6329 N/mm² (CV = 27%) para el *P. elliottii* y *P. taeda* respectivamente, donde también se evidencia una mayor rigidez por parte del segundo.

La densidad mostró una tendencia inversa a la observada para la rigidez, de los datos presentados en la Tabla 1 se deduce que el valor medio asociado al *P. elliottii* resultó un 7% superior al del *P. taeda*. Este resultado está en línea con lo publicado por PEREIRA MENDES (2017), quien reportó cifras entre 500-560 kg/m³ y 470-510 kg/m³ para el *P. elliottii* y el *P. taeda* en edad adulta, respectivamente. Similar tendencia también fue registrada en pinos de 25 años de edad cultivados en Brasil (MELCHIORETTO y Eleotério 2003). La densidad media obtenida para el *P. elliottii* (490 kg/m³) resultó levemente inferior a la señalada por PEREIRA MENDES (2017) pero superior al valor reportado (460 kg/m³) por MELCHIORETTO y ELEOTÉRIO (2003). La densidad media del *P. taeda* (456 kg/m³), por su parte, acusó un valor semejante al informado por MELCHIORETTO y Eleotério (2003) y WEBER (2005) para árboles de 25 y 16 años de edad respectivamente, y superior al reportado (402 kg/m³) por ZADERENKO (2000) para árboles de 14 años.

Un análisis estadístico comparativo entre ambas muestras (*P. elliottii* y *P. taeda*) y cada una de las propiedades físico-mecánicas antes analizadas (resistencia a flexión, módulo de elasticidad y densidad) es presentado a continuación. En cada caso y de forma previa fue verificado si los datos analizados se asociaban a una distribución de probabilidad normal. Los resultados se exhiben tanto numérica como gráficamente a través de histogramas de frecuencia y curvas de densidad suavizada.

Los datos correspondientes a la resistencia a flexión (f_m) son representados en la Figura 2, aquellos relacionados a la sub-muestra de *Pinus elliottii* se ajustan a una distribución normal con 31,0 N/mm² de media y 12,4 N/mm² de desviación estándar, mientras que los del *Pinus taeda* con parámetros iguales a 30,6 N/mm² y 10,9 N/mm², respectivamente. Al aplicarse la prueba estadística Kolmogorov-Smirnov, el valor-P más pequeño acusó una cifra de 0,22 para el *P. elliottii* y de 0,08 para el *P. taeda*, como ambos resultaron mayores a 0,05, la hipótesis de que los datos proceden de poblaciones con distribución normal no es rechazada con un 95% de confianza. En consecuencia, los valores f_m de ambas sub-muestras fueron comparados a través del test de Student cuyo resultado arrojó un valor-P igual a 0,77, lo cual prueba que a un nivel de significación de 0,05 (5%) no puede ser rechazada la hipótesis de igualdad entre los valores medios de la resistencia. La coincidencia de ambas distribuciones resulta evidente al observarse el gráfico de densidad suavizada representado en la Figura 2.

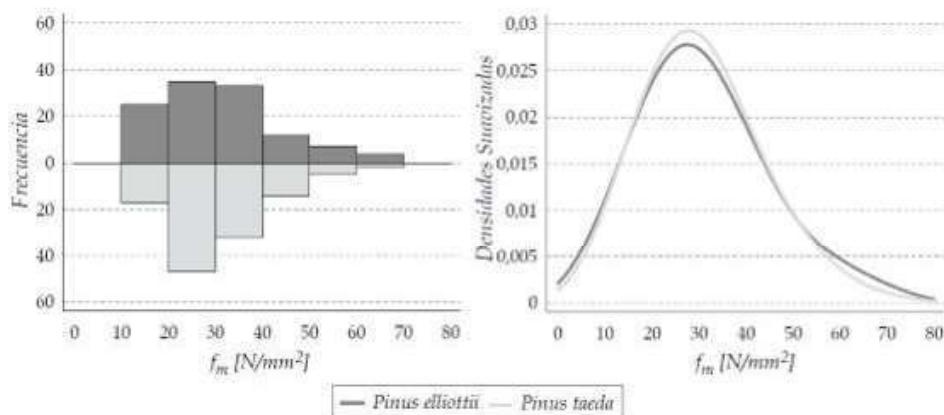


Figura 2. Distribución de la resistencia a flexión (f_m) asociada a cada muestra (*P. elliottii*, *P. taeda*). Izq.: Histograma de frecuencia. Der.: Gráfico de densidad suavizada.

Figure 2. Distribution of flexural strength (f_m) associated with each sample (*P. elliottii*, *P. taeda*). Left: Frequency histogram. Right: Smoothed density graph.

Respecto a la rigidez (ver Figura 3), los datos del módulo de elasticidad ($E_{m,g}$) se pueden ajustar a una distribución normal con una media igual a 6964 N/mm² y 7742 N/mm² asociada a una desviación estándar de 3009 N/mm² y 2814 N/mm² para el *P. elliottii* y el *P. taeda*, respectivamente. La prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) indicó que únicamente los datos correspondientes al *P. taeda* (valor-P más pequeño = 0,70) provienen de una distribución normal, por lo que, al no verificarse la normalidad de aquellos asociados a la ME (valor-P más pequeño = 0,04 < 0,05), se utilizó la prueba no paramétrica de K-S para poder compararlas. La misma arrojó un valor-P aproximado de 0,01 (< 0,05) lo que implica una diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones pudiendo ser rechazada la hipótesis de igualdad entre especies. No obstante, al tratarse de un material caracterizado por su gran heterogeneidad, no resulta determinante una diferencia del 11% entre los valores medios del módulo de elasticidad para madera estructural. En este sentido MELCHIORETTO y ELEOTÉRIO (2003) reportaron como no significativa una diferencia del 20% entre valores $E_{m,g}$ del *P. taeda* respecto del *P. elliottii*.

En el gráfico de densidad suavizada representado en la Figura 3 se pone en evidencia la brecha existente entre las distribuciones del $E_{m,g}$ de las dos especies en estudio. Ambas curvas presentaron una desviación estándar similar por lo que divergen únicamente debido a la pequeña diferencia existente entre los valores medios obtenidos. Esta discrepancia podría estar asociada a las prácticas de silvicultura aplicadas a los bosques considerando que el mayor $E_{m,g}$ se corresponde con la muestra MT, cuya madera proviene de una forestación que fue sometida a dos turnos de poda, mientras que la correspondiente al *Pinus elliottii* (ME) no fue sometida a tratamiento alguno. Estos resultados se condicen con informes que indican que la madera extraída de plantaciones donde fueron aplicadas prácticas de poda presenta una mejor aptitud mecánica debido a que estos tratamientos mejoran la calidad de los rollizos basales, lo que repercute directamente en un mayor módulo de elasticidad de la madera (WINCK *et al.*, 2015).

Los datos de densidad (ρ) son representados gráficamente en la Figura 4, aquellos asociados al *Pinus elliottii* se pueden ajustar a una distribución normal con media igual a 490 kg/m³ y desviación estándar de 77 kg/m³, mientras que los del *Pinus taeda*, con media igual a 456 kg/m³ y desviación estándar de 54 kg/m³.

Al igual que en el caso anterior ($E_{m,g}$), para la densidad la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) reveló la normalidad de los datos asociados a MT (valor-P = 0,29) pero no de los correspondientes a ME (valor-P ≈ 0). A través de la prueba no paramétrica K-S se determinó con un 95% de confianza que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones y puede ser rechazada la hipótesis de igualdad (valor-P ≈ 0,01 < 0,05). Esta diferencia puede ser atribuida, en gran medida, a la mayor densidad registrada por parte del *Pinus elliottii*, que probablemente se corresponde con la abundante producción de resinas que caracteriza a dicha especie, particularidad que la distingue del *Pinus taeda* (PEREIRA MENDES 2017). El efecto de las resinas sobre la densidad fue corroborado por HERMOSO PRIETO (2001), quien al comparar la madera del pino silvestre con la del pino pinaster (más resinoso) observó una similitud entre las propiedades resistentes pero no así entre densidades, resultando más densa la madera con mayor contenido de resina.

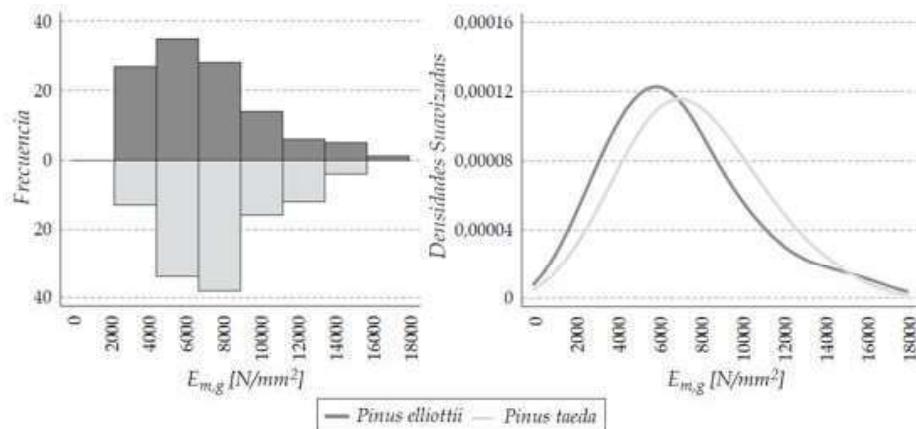


Figura 3. Distribución del módulo de elasticidad en flexión ($E_{m,g}$) asociada a cada muestra (*P. elliottii*, *P. taeda*). Izq.: Histograma de frecuencia. Der.: Gráfico de densidad suavizada.

Figure 3. Distribution of the modulus of elasticity in flexion ($E_{m,g}$) associated with each sample (*P. elliottii*, *P. taeda*). Left: Frequency histogram. Right: Smoothed density graph.

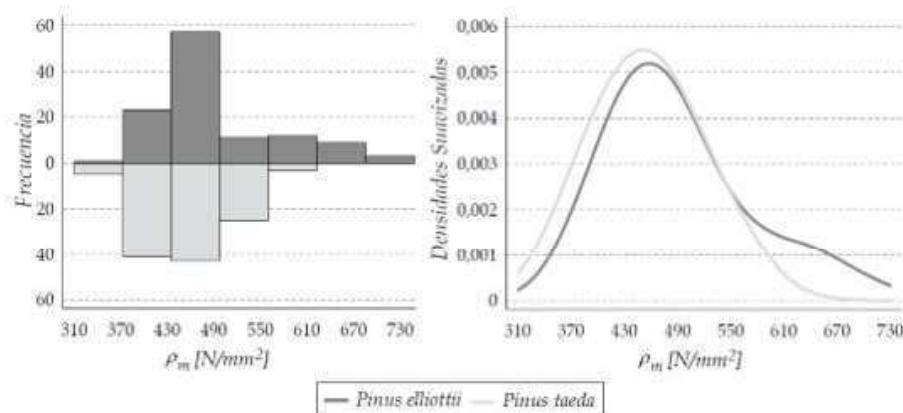


Figura 4. Distribución de la densidad (ρ) asociada a cada muestra (*P. elliottii*, *P. taeda*). Izq.: Histograma de frecuencia. Der.: Gráfico de densidad suavizada.

Figure 4. Density distribution (ρ) associated with each sample (*P. elliottii*, *P. taeda*). Left: Frequency histogram. Right: Smoothed density graph.

CONCLUSIONES

Del estudio comparativo entre las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* se concluye que:

Ambas especies presentan similar resistencia a flexión (f_m);

La madera de *P. elliottii* presenta un valor de módulo de elasticidad a flexión ($E_{m,g}$) un 11% menor que la de *P. taeda*, ambos relacionados con elevados coeficientes de variación. No obstante, al tratarse de un material caracterizado por una gran heterogeneidad esa diferencia no resulta determinante para el uso estructural;

La madera de *P. elliottii* resulta un 7% más densa que la del *P. taeda*, lo que probablemente se corresponde con la abundante producción de resinas que caracteriza a la primera;

La diferencia de densidad registrada entre especies no se ve reflejada en el valor de las propiedades de resistencia y rigidez (f_m y $E_{m,g}$);

Ambas especies presentan un comportamiento mecánico similar (f_m y $E_{m,g}$) por lo que pueden ser empleadas de manera indistinta y, en consecuencia, confirman el criterio de las normas de Argentina (CIRSOC 601 2016; IRAM 9662-3 2015; IRAM 9670 2002) que las consideran en forma conjunta para uso estructural.

BIBLIOGRAFÍA

BALLARIN, A.; Ballarin, A.; Callil Júnior, C. (2017) Classificação visual e mecânica simplificada da madeira de pinus spp. II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera y II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción, 11pp, Buenos Aires, Argentina.

CHIFARELLI, D. (2008) El Modelo de Monocultivos de Coníferas a Gran Escala. Análisis de Sustentabilidad en el Alto Paraná Misionero. IX Congreso Argentino de Antropología Social, 21 pp. Misiones, Argentina.

DI MARCO, E. (2014) *Pinus taeda* L. (*Pino taeda*, *Pinotea*, *Pino Resinoso*, *Loblolly Pine*) Familia Pinaceae. Revista Producción Forestal 4(10): 28-30.

Dirección de Producción Forestal (2016). Argentina: Plantaciones forestales y gestión sostenible. 15 pp. Disponible en <https://goo.gl/064alb>, acceso el 12/12/2019.

ELIZONDO, M. (2015) Actualización del inventario de plantaciones forestales de la provincia de Corrientes, 97 pp. Corrientes, Argentina.

FANK, P.; Stefani, P.; Piter, J. (2017) Clasificación mecánica de tablas de pinos resinosos cultivados en el noreste de Argentina. Maderas. Ciencia y tecnología. 19(2): 247-264.

FASSOLA, H. (2004) El cultivo de pino taeda en Misiones y NE de Corrientes, Argentina. Basoko teknika, Técnica Forestal: 30-33.

HERMOSO PRIETO, E. (2001) Caracterización mecánica de la madera estructural de *Pinus sylvestris* L. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, 253 pp. Madrid, España.

INTI CIRSOC 601 (2016) Reglamento argentino de estructuras de madera. Disposiciones generales y requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de madera en edificaciones. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires, Argentina.

IRAM 9662-3 (2015) Madera laminada encolada estructural, Clasificación visual de las tablas por resistencia. Parte 3: Tablas de *Pino taeda* y *elliotti* (*Pinus taeda* y *elliottii*). Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.

IRAM 9663 (2013) Estructuras de madera. Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural. Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.

IRAM 9664 (2013) Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.

IRAM 9670 (2002) Madera estructural. Clasificación y requisitos. Clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos del noreste argentino mediante una evaluación visual. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.

ISO 3130 (1975) Wood. Determination of moisture content for physical and mechanical tests. Int. Org. for Standardization.

ISO 3131 (1975) Wood. Determination of density for physical and mechanical tests. Int. Org. for Standardization.

MELCHIORETTTO, D.; Eleotério, J. (2003) Caracterização, classificação e comparação da madeira de pinus patula, *p. elliottii* e *p. taeda* através de suas propriedades físicas e mecânicas. XVIII Congresso Regional De Iniciação Científica e Tecnológica Engenharia Civil (CRICTE), 5 pp. Itajaí, SC, Brasil.

MOYA, L.; Cardoso, A.; Cagno, M.; Laguarda, F.; Gatto, F.; O'Neill, H. (2015a) Proyecto para la caracterización estructural de madera aserrada de pinos cultivados en Uruguay. Documento de Investigación Nro. 3, Universidad ORT Uruguay, Facultad de Arquitectura, 20 pp.

MOYA, L.; Cardoso, A.; Cagno, M.; O'Neill, H. (2015b) Caracterización estructural de madera aserrada de pinos cultivados en Uruguay. Maderas. Ciencia y tecnología 17(3): 597- 612.

MOYA, L.; Domenech, L.; Cardoso, A.; O'Neill, H.; Baño, V. (2017) Proposal of visual strength grading rules for Uruguayan pine timber. European Journal of Wood and Wood Products 75(3): 1017–1019.

MUÑIZ, G. (1993) Caracterização e desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 252 pp. Curitiba, Brasil.

O'NEILL, H. (2004) Estimación de la calidad de la madera producida en el Uruguay para uso estructural y su evaluación en servicio por métodos no destructivos. Departamento de Proyectos Forestales - Laboratorio Tecnológico del Uruguay. Nota técnica, 9 pp.

PEREIRA MENDES, G. (2017) Caraterização de proveniências de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* para instalação de ensaios de proveniências. Tesis de Maestría, Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC), Mestrado em Recursos Florestais, 104 pp. Coimbra, Brasil.

SANTINI, E.; Haselein, C.; Gatto, D. (2000) Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. Ciencia Florestal 10(1): 85-93.

SIFIP (2016) Actualización del inventario de bosques cultivados de la provincia de Misiones. Subsecretaría de Desarrollo Forestal de la Provincia de Misiones, 63 pp. Eldorado, Misiones.

WEBER, E. (2005) Caracterización física y mecánica de *Pinus taeda* origen Marion en plantaciones de diferentes edades y determinación de usos potenciales. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería Forestal, 143 pp.

WINCK, R.; Fassola, H.; Videla, D.; Suirezs, T.; Area, M.; Pezzutti, R. (2015) Calidad de madera de *Pinus taeda* de 20 años de edad proveniente de rodales con diferente manejo silvícola. III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales, pp. 372-376. Misiones, Argentina.

ZADERENKO, C. (2000) Determinación de tiempos de secado por difusión en cámaras convencionales para *Pinus taeda* implantado de Misiones. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Misiones, Maestría en Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel, 186 pp. Misiones, Argentina.

FUNCIONES DE VOLUMEN DE FUSTE PARA ÁRBOLES INDIVIDUALES DE PLANTACIONES DE *Prosopis alba* Griseb. DE FORMOSA Y SANTIAGO DEL ESTERO

STEM VOLUME FUNCTIONS FOR INDIVIDUAL TREES ON PLANTATIONS OF *Prosopis alba* Griseb. FROM FORMOSA AND SANTIAGO DEL ESTERO

Víctor R. Pérez

Ing. Ftal. MSc. Prof. Silvicultura. Facultad de Recursos Naturales, UNaF. Av. Gutnisky 3200, Ciudad de Formosa. Correo: victorforestal8@gmail.com

Marcelo R. Castro

Ing.Ftal. Prof. Adscripto Silvicultura. Facultad de Recursos Naturales, UNaF. Av. Gutnisky 3200, Ciudad de Formosa. Correo: castro-93marcelo@gmail.com

Carla D. Rodríguez

Est. Ing. Ftal. Aux. alumna Silvicultura. Facultad de Recursos Naturales, UNaF. Av. Gutnisky 3200, Ciudad de Formosa. Correo: charlier023@gmail.com

Leandro Arce

Extensionista forestal de Santiago del Estero, Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. Independencia 451, Ciudad de Santiago del Estero. Correo: induleandro@gmail.com

José Mitre

Extensionista forestal de Santiago del Estero, Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. Independencia 451, Ciudad de Santiago del Estero. Correo: josemitresgo@gmail.com

Fecha de Recepción: 12/12/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

La estimación del volumen de madera a nivel de árbol es muy importante para el manejo de las plantaciones de *Prosopis alba*, cada vez más relevantes en la Región Chaqueña. Usando técnica de medición no destructiva se obtuvieron valores de diámetro y altura de fuste de 555 árboles de plantaciones de las provincias de Formosa y Santiago del Estero, con la finalidad de determinar el mejor modelo matemático para la estimación del volumen de fuste individual con corteza. El 75% de la muestra se destinó a la fase de selección del mejor modelo y el 25% restante al proceso de validación. Mediante técnica de regresión lineal múltiple se evaluaron diez modelos a través de diversos criterios y estadísticos como análisis de varianza y prueba F para el modelo completo, coeficiente de determinación ajustado, error de estimación absoluto y relativo, índice de Furnival, prueba de hipótesis de los coeficientes estimados, error cuadrático medio, diferencia agregada global y diferencia media. Con los modelos logarítmicos propuestos por Schumacher-Hall y Spurr se lograron las mejores respuestas, obteniéndose alta exactitud (error menor al 5%) y sesgo menor al 1%, aconsejándose su utilización para la predicción confiable y satisfactoria del volumen de fuste individual.

Palabras Clave: Dasometría, regresión, selección de modelo, validación.

SUMMARY

Wood volume estimation at tree level is very important for the management of *Prosopis alba* plantations, increasingly relevant in the Chaco Region. Using non-destructive measurement technique, values of diameter and stem height of 555 trees from forestations in Formosa and Santiago del Estero provinces were obtained, in order to determine the best mathematical model to estimate the volume of individual stem with bark. 75% of the sample went to the selection phase of the best model and the remaining 25% to the validation process. Using multiple linear regression technique, ten models were evaluated by various criteria and statistics such as analysis of variance and F test for the complete model, adjusted coefficient of determination, absolute and relative estimation error, Furnival index, hypothesis test of the estimated coefficients, mean squared error, global aggregate difference, and mean difference. With the logarithmic models proposed by Schumacher-Hall and Spurr, the best responses were achieved, obtaining high accuracy (error less than 5%) and bias less than 1%, advising their use for the reliable and satisfactory prediction of individual stem volume.

Key Word: Dasometry, regression, model selection, validation.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, es una actividad productiva cada vez más trascendente y consolidada en la Región Chaqueña por lo que resulta útil disponer información técnica básica que facilite el manejo de las plantaciones. Conocer de manera sencilla y expeditiva la existencia maderera a nivel de árbol y del bosque constituye una herramienta importante en la planificación de la gestión forestal. Una alternativa para la estimación del volumen maderable es a través de la construcción de funciones de volumen para cada especie (PIÑONES CÁCERES, 2002).

Las funciones de volumen son ecuaciones matemáticas que siendo ajustadas a una muestra de la población de interés, pueden ser posteriormente utilizadas en la estimación de volúmenes comerciales del bosque en pie, en forma rápida y confiable, y además, son capaces de representar el volumen medio de madera por árbol a partir de variables independientes tales como diámetro, altura y coeficiente mórfico (PRODAN *et al.*, 1997).

Las funciones de volumen de árboles individuales expresan la volumetría en función de diversas variables dasométricas explicativas, como diámetro normal, altura total, altura de fuste, factor de forma, etc. Entre estas funciones se pueden distinguir las denominadas locales, que relacionan el volumen del árbol con una sola variable predictora (p.e. diámetro normal), siendo por ello de alcance limitado y acotado frecuentemente a una cierta clase de edad y sitio; y generales, que estiman el volumen individual con base a dos o más variables medidas en el árbol (p.e. diámetro y altura de fuste). Estas funciones tienen una cobertura de aplicación más amplia (PRODAN *et al.*, 1997).

No hay consenso de cuál debe ser la cantidad mínima de árboles medidos para construir una función individual general. Algunos señalan entre 80 a 150 árboles. La recomendación es que sea lo más grande posible, cubriendo el más amplio espectro de tamaño de árboles, edades, calidades de sitios y condiciones de manejo (PRODAN *et al.*, 1997; PIÑONES CÁCERES, 2002; REED/CCAD – GIZ, 2014).

Si bien varios investigadores ajustaron y compararon diversos modelos matemáticos que permiten estimar el volumen del árbol individual para diferentes especies del Género *Prosopis*, entre ellos Kees *et al.*, (2012), SÁNCHEZ (2013), CHÁVEZ (2018) y diversas citas que figuran en el compendio elaborado por MAGGIO y CELLINI (2016), en ningún caso se realizó la validación de las ecuaciones determinadas.

Kees *et al.*, (2012) refieren que el estudio se realizó con una muestra de 100 árboles procedentes de diversas plantaciones de *Prosopis alba* de la provincia del Chaco. De la evaluación de cinco modelos de volumen de fuste (VF), concluyeron que el modelo que mejor ajustó fue: $VF = \beta_0 + \beta_1 * DN^2 * HF/100$, correspondiendo en esencia al modelo de Spurr (1952).

En los últimos años en la Facultad de Recursos Naturales (Universidad Nacional de Formosa) se presentaron dos tesis de grado (SÁNCHEZ, 2013; CHÁVEZ, 2018) en relación a funciones de volumen de fuste aplicadas a *P. alba*.

SÁNCHEZ (2013), con una muestra de 28 árboles de una plantación de *P. alba* del Chaco, evaluó cinco modelos matemáticos a fin de determinar la función de volumen comercial con corteza (Vcc) más adecuada. El modelo de Spurr (1952), $Vcc = \beta_0 + \beta_1 * DN^2 * HF_c$, se destacó como el más idóneo.

CHÁVEZ (2018) trabajando con una muestra de 72 árboles provenientes de 6 forestaciones de *P. alba* distribuidas en 3 departamentos de Formosa, determinó que la ecuación de mejor de ajuste fue logarítmica (modelo de Schumacher – Hall, 1933): $\ln VF = -0,146992 + 1,92955 * \ln DN + 0,782172 * \ln HF$.

En las comunicaciones técnicas de Kees *et al.*, (2012) y SÁNCHEZ (2013) donde el modelo aritmético de Spurr (1952) presenta el mejor desempeño y capacidad predictiva para estimar el volumen de fuste, no se menciona expresamente que se haya realizado la verificación del cumplimiento de los supuestos de la regresión lineal. GARCÍA (1995) advierte que en la ecuación resultante de la aplicación del modelo de Spurr (1952) se observa con frecuencia que los residuales mantienen un desvío proporcional a la variable “ DN^2HF ”, que vulnera el supuesto de homocedasticidad. Señala que una manera de eliminar o atenuar el efecto de heterocedasticidad de los residuales de dicho modelo, es realizando la transformación logarítmica de la variable regresora.

En el presente estudio se estableció como objetivo determinar el mejor modelo matemático para la estimación del volumen de fuste individual, a partir de valores de diámetro normal y altura de fuste, de árboles procedentes de plantaciones inmaduras de las provincias de Formosa y Santiago del Estero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos dasométricos utilizados proceden de diferentes forestaciones de Formosa y Santiago del Estero, mayormente con superficie ≤ 20 ha, que tienen varias edades menores a 16 años, y diversas condiciones ambientales y silvícolas. Debido a estas diferencias la información fue tratada y evaluada por provincia, es decir que en este estudio de primera aproximación se consideró pertinente disponer una función propia para cada jurisdicción.

Los datos fueron aportados por equipos técnicos de ambas provincias. Como parte del manejo de estas plantaciones se aplicaron podas y raleos, alcanzándose una longitud de fuste variable libre de ramas, entre 1,50 y 3,00 m.

En la muestra de 555 algarrobos utilizada en el estudio (306 árboles de Formosa y 249 de Santiago del Estero), se incorporaron árboles escogidos de forma aleatoria, con la precaución que estuvieran representadas todas las clases diamétricas de manera balanceada (rango de 6 a 32 cm de diámetro normal). Siguiendo el procedimiento practicado por PIÑONES CÁCERES (2002) en estudio de *Prosopis alba* efectuado en Chile, una vez dispuesta la base de datos por provincia se seleccionó el 75% de los individuos (proporcional a cada clase), submuestra utilizada para determinar las funciones de volumen según los distintos

modelos examinados, y el 25% restante se utilizó durante el proceso de validación de las mejores funciones. De esta forma en la fase de evaluación de los modelos se trabajó con valores dasométricos de 229 áboles de 18 plantaciones de Formosa y 186 algarrobos procedentes de 10 forestaciones de Santiago del Estero. La técnica de medición no destrutiva fue llevada a cabo por dos operarios y un tercer integrante, cuya función fue supervisar las tareas y realizar el registro de la información dasométrica.

Las variables observadas fueron: diámetro de la base (medido a 5 cm del suelo); diámetro normal a 1,30 m; diámetro a los 2 m; diámetro en punta fina y altura del fuste medida desde el suelo hasta la primera bifurcación. Para la medición se usó una cinta diamétrica, un telescopio y una escalera metálica plegable. La fórmula de Smalian fue utilizada para calcular los volúmenes de las diversas secciones del fuste, los cuales se acumularon para cada árbol a fin de obtener el volumen total del fuste con corteza.

El procesamiento de los datos se llevó a cabo con una planilla electrónica de cálculos. Los modelos matemáticos fueron examinados y analizados a través de la técnica de regresión múltiple, utilizándose como variable dependiente al volumen del fuste (VF) y como variables regresoras, al diámetro normal (DN) y la altura del fuste (HF), o transformaciones de estas. Solo en el caso del modelo de Hummel (modelo 8) se utilizó como variable regresora a la sección del fuste medido a 1,30 m de altura. Para el análisis se utilizó el programa estadístico InfoStat, Versión 2018p.

En la tabla 1 se describen los modelos utilizados en las pruebas de preselección y selección, extraídos de PRODAN *et al.*, 1997; CANCINO, 2006; IMAÑA ENCINAS *et al.*, 2009; y MAGGIO y CELLINI, 2016. El análisis de varianza aplicado al modelo de regresión lineal se realizó al nivel de significación del 0,05.

De acuerdo a COUTO *et al.*, (1999) los criterios y secuencia de procedimientos para la preselección de las ecuaciones ajustadas fueron: 1) Evaluación del cuadro de análisis de varianza y la prueba F para el modelo completo. 2) Análisis de los criterios estadísticos: coeficiente de determinación ajustado (R^2 Aj.), error estándar de estimación absoluto y relativo (S_{yx} ; $S_{yx}\%$) y el Índice de Furnival (IF), con la finalidad de comparar ecuaciones que tenían a la variable dependiente como expresión de logaritmo respecto de otra dependiente sin logaritmo, o para comparar ecuaciones con diferente número de parámetros. 3) Distribución gráfica de los residuos. 4) Prueba de hipótesis de los coeficientes estimados a través de la prueba de t.

Para estimar valores de volumen a partir de modelos logarítmicos se aplicó el factor de corrección de discrepancia logarítmica propuesto por MEYER (1941) citado por CRECHI *et al.*, 2003.

En la selección del mejor modelo ajustado se utilizaron los criterios recomendados por REED/CCAD-GIZ (2014): Error Cuadrático Medio (ECM), Diferencia Agregada Global (DAG) y la Diferencia Media (DM), cuyas expresiones algebraicas se transcriben a continuación:

$$ECM = (V_r - V_e)^2 / n$$

$$DAG = (\Sigma V_r - \Sigma V_e) / \Sigma V_e$$

$$DM = \Sigma (V_r - V_e) / (n \Sigma V_e)$$

Donde:

V_r = volumen real del árbol obtenido por cubicación de las trozas (Smalian).

V_e = volumen estimado por la función matemática.

Considerando la recomendación de CAO *et al.*, (1980), para validar los modelos se aplicaron los siguientes estimadores estadísticos: la Raíz Cuadrada del Error Medio Cuadrático (REMC) para exactitud y la Diferencia Agregada (DA) para el sesgo; más abajo se exponen sus expresiones algebraicas. El valor relativo de estos estimadores se obtiene al dividirlos por el volumen real medio y multiplicado por 100. Los valores fijados como máximos válidos para cada estadístico fueron 10% para error y 5% para el sesgo.

$$REMC = (\Sigma (V_r - V_e)^2 / n)^{0.5}$$

$$DA = \Sigma (V_r - V_e) / n$$

Finalmente, a los mejores modelos seleccionados se les realizó la verificación del cumplimiento de los siguientes supuestos básicos del modelo de regresión lineal:

- 1) De normalidad. Se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov (KS).
- 2) De independencia entre los residuos o de la inexistencia de autocorrelación. Se verificó por medio de la prueba de Durbin – Watson (D-W).
- 3) De homogeneidad de varianza (homocedasticidad). Se constató a través de la interpretación del gráfico de los residuales frente a los valores ajustados por el modelo.

Tabla 1. Modelos utilizados en las pruebas de ajuste.**Table 1. Models used in the adjustment tests.**

Modelos	Regresoras	Ecuaciones	Autor
1	DN ² * HF	VF = b ₀ + b ₁ * (DN ² * HF)	Spurr (1952)
2	DN, HF	VF = b ₀ + b ₁ * DN + b ₂ * HF	Kees <i>et al.</i> , (2012)
3	DN ² , HF	VF = b ₀ + b ₁ * DN ² + b ₂ * HF	Cancino (2006), simplificado
4	ln (DN * HF)	ln VF = b ₀ + b ₁ * ln (DN * HF)	Kees <i>et al.</i> , (2012)
5	ln (DN), ln (HF)	ln VF = b ₀ + b ₁ * ln (DN) + b ₂ * ln (HF)	Schumacher - Hall (1933)
6	ln (DN ² * HF)	ln VF = b ₀ + b ₁ * ln (DN ² * HF)	Spurr (ln); Kawas (1978)
7	DN ²	VF = b ₀ + b ₁ * DN ²	Kopezky - Gehrhardt
8	g	VF = b ₀ + b ₁ * g	Hummel
9	DN ² , (DN ² *HF), HF	VF = b ₀ - b ₁ *DN ² + b ₂ *DN ² *HF - b ₃ *HF	Stoate
10	DN ² , (DN ² * HF)	VF = b ₀ - b ₁ *DN ² + b ₁ *DN ² *HF	Stoate simplificado
10	(DN ² * HF), HF	VF = b ₀ + b ₁ *DN ² *HF - b ₂ *HF	Stoate simplificado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preselección y selección de los modelos.

Con los resultados iniciales para la totalidad de los modelos se realizó una evaluación preliminar, permitiendo identificar los datos dudosos o “outliers”, que fueron excluidos de la base de datos cuando se encontraban por fuera del intervalo

Ŷ ± 3σ. Con posterioridad, disponiéndose la base depurada se realizó un nuevo ajuste.

En la tabla 2 se presentan los resultados para todos los modelos de cada provincia, según diversos criterios y estimadores estadísticos de bondad de ajuste. En ambas provincias los modelos logarítmicos 5 (SCHUMACHER – HALL, 1933) y 6 (expresión logarítmica del modelo de SPURR, 1952; KAWAS, 1978) tienen los mejores resultados.

En la aplicación del modelo 9 de Stoate en ambas provincias, se identificó una variable regresora que no superó la prueba de hipótesis de t. En el caso de Formosa, el coeficiente estimado de HF presentó un “p” valor mayor

que el nivel de significación. En tanto para la base de datos de Santiago del Estero, el coeficiente de DN² fue el que no exhibió incidencia estadística significativa ($p > \alpha$). Con base a este resultado preliminar, posteriormente se utilizó la versión Stoate simplificado (modelo 10) quitándose del modelo la variable regresora estadísticamente no significativa.

Por otro lado, si bien el modelo 1 de SPURR (1952) presenta analíticamente valores estadísticos ventajosos (valores altos de F y R² Aj. y S_{yx} – S_{xy} % muy bajos), su principal inconveniente es el no cumplimiento al supuesto de homocedasticidad en los residuos. Según GARCÍA (1995) esta característica de incumplimiento es frecuentemente observado en estudios que utilizaron este modelo.

En el gráfico 1 se aprecia claramente la variabilidad heterogénea en la distribución de los residuales. Para valores pequeños del factor “DN²*HF” hay una alta agregación de los residuos cercana a la línea 0, y luego comienza una alta dispersión proporcional en la medida que aumenta el valor de la variable regresora, conformándose un patrón inequívoco no aleatorio de los residuos, violatorio de una condición básica del modelo de regresión.

Tabla 2: Estimadores estadísticos para cada modelo durante el proceso de preselección. Izquierda: resultados de Formosa. Derecha: resultados de Santiago del Estero.

Table 2: Statistical estimators for each model during the pre-selection process. Left: Formosa results. Right: Santiago del Estero results.

Mod	F	R² Aj.	S_{xi} IF	S_{xi}% IF%	N	F	R² Aj.	S_{xi} IF	S_{xi}% IF%	N
1	28945	99,3	0,00523	6,78	216	22870	99,2	0,00264	5,84	184
2	1578	94,2	0,00686	10,91	194	1705	95,1	0,00525	12,69	176
3	2746	96,4	0,00823	11,51	208	1477	94,3	0,00665	15,01	181
4	1596	87,6	0,01361	16,49	228	3578	95,3	0,00551	11,86	179
5	13846	99,2	0,00379	4,61	229	12661	99,3	0,00214	4,65	182
6	21308	99,0	0,00428	5,24	223	24072	99,3	0,00221	4,72	178
7	1869	89,8	0,01756	23,67	215	2219	92,6	0,00746	17,2	180
8	2360	92,2	0,01215	17,83	202	3215	94,7	0,00631	14,57	181
9	15430	99,5	0,00361	4,65	217	8737	99,3	0,00246	5,46	184
10	23263	99,5	0,00361	4,64	217	13124	99,3	0,00246	5,46	184

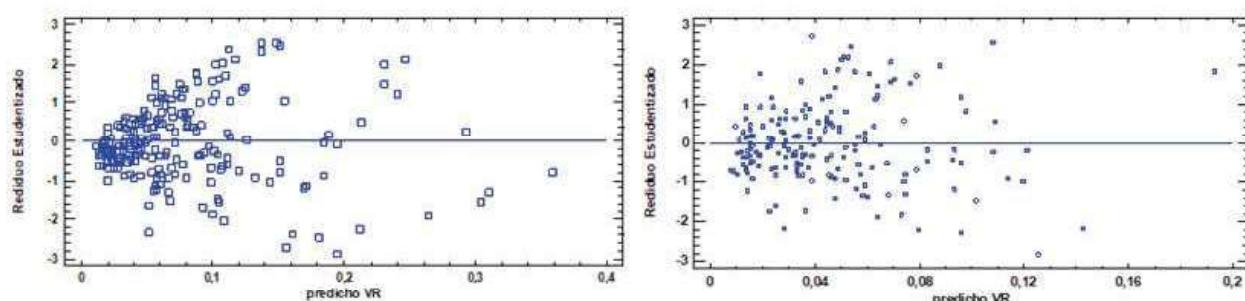


Gráfico 1. Modelo ajustado frente a los residuos estandarizados de Formosa (izquierda) y Santiago del Estero (derecha). Modelo 1 de Spurr (1952).

Graph 1. Adjusted model with regard to the standardized residuals of Formosa (left) and Santiago del Estero (right). Spurr (1952) model 1.

Luego de la evaluación preliminar del proceso de preselección de modelos se escogieron los dos mejores para cada provincia con base a los criterios antes mencionados. En todos los casos, los modelos 5 y 6 presentaron los mejores valores estadísticos. En la tabla 3 figuran las expresiones matemáticas y estadísticos finales luego de haberse homogeneizado el número de observaciones para los dos modelos en cada provincia.

Con base en los resultados de la tabla 4, relacionados a los criterios estadísticos utilizados para seleccionar el mejor modelo, se observa que no hay una gran diferencia en las respuestas de los modelos 5 y 6, por lo que ambos podrían usarse de manera confiable para la estimación del volumen de fuste. Con esta salvedad, en el caso de Formosa

la pequeña diferencia en los resultados se da a favor del modelo 5. En tanto para la muestra de Santiago del Estero hay una leve mejor respuesta en el modelo 6.

La tabla 5 contiene los resultados obtenidos con los estimadores estadísticos durante el proceso de validación, efectuado con las ecuaciones de los dos mejores modelos seleccionados. El modelo 5 expresa mejor ajuste para los datos de Formosa. En tanto ambos modelos muestran resultados similares para la población validada de Santiago del Estero. Durante el proceso de validación en las dos provincias se cumplieron los límites establecidos previamente de exactitud y sesgo.

Tabla 3: Ecuaciones y estimadores estadísticos definitivos para los mejores modelos.
Table 3: Definitive equations and statistical estimators for the best models.

Prov/ Mod	Ecuación	R ² Aj.	S _{xi} /IF	S _{xi} %	D-W	N
Fsa5	ln (VF) = - 0,108013 + 1,93357*ln (DN) + 0,779932*ln (HF)	99,32	0,00338	4,09	2,08	221
Fsa6	ln (VF) = - 0,343474 + 0,934351*ln (DN ² *HF)	98,99	0,00410	5,02	2,07	221
SdE5	ln (VF) = - 0,158923 + 1,92282*ln (DN) + 0,802224*ln (HF)	99,36	0,00203	4,34	2,00	178
SdE6	ln (VF) = - 0,281044 + 0,953702*ln (DN ² *HF)	99,27	0,00221	4,72	1,76	178

Tabla 4: Resultados estadísticos durante el proceso de selección del mejor modelo.
Table 4: Statistics results during the process of the best model.

Provincia	ECM		DAG		DM	
	Mod5	Mod6	Mod5	Mod6	Mod5	Mod6
Fsa	0,000027	0,000038	0,002524	0,003111	0,000011	0,000014
SdE	0,000007	0,000006	0,000919	-0,000837	0,000005	0,000004

Tabla 5: Resultados de exactitud y sesgo de los mejores modelos estadísticos.**Table 5: Results of accuracy and bias of the best statistical models.**

Provincia	REMC%		DA%	
	Mod5	Mod6	Mod5	Mod6
Fsa	4,38	6,88	0,26	- 0,54
SdE	4,27	4,71	0,79	- 0,57

En la tabla 6 y gráfico 2 se resumen los resultados de la fase final del estudio realizado con el propósito de verificar el cumplimiento de los supuestos del modelo de regresión lineal. Tanto el modelo 5 de Formosa (Fsa5) como los modelos 5 y 6 de Santiago del Estero (SdE5 y SdE6) satisfacen la condición de normalidad, ya que los residuos se distribuyen normalmente con media cero (p -valor de prueba $KS > \alpha$); los residuos son independientes, no hay evidencias de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95% (p -valor del estadístico D-W $> \alpha$); y en la representación gráfica de los residuales no se observa ninguna tendencia o patrón manifiesto en su distribución espacial, interpretándose el cumplimiento del supuesto de homogeneidad de la varianza de los residuos.

El modelo 1 de Spurr (1952) al que hacen referencia Kees *et al.*, (2012) y SÁNCHEZ (2013), como el de mejor desempeño para estimar el volumen de fuste de áboles individuales de *P. alba* de plantaciones forestales del Chaco, no calificó entre las mejores respuestas del presente estudio. En cambio la versión logarítmica de Spurr (modelo 6) si demostró solidez y capacidad predictiva.

Coinciendo con los resultados comunicados por CHÁVEZ (2018), el modelo 5 de Schumacher-Hall (1933) en el que todas las variables del modelo son transformadas a la expresión logarítmica, sobresalió por su aptitud y versatilidad para realizar estimaciones confiables.

Tabla 6: Verificación del cumplimiento de supuestos del modelo de regresión.**Table 6: Verification of assumption realizations of the regression model.**

Provincia/ Modelo	KS		Durbin - Watson	
	Est. D	p-valor	Est D-W	p-valor
Fsa5	0,0596	0,412	2,08	0,709
SdE5	0,0553	0,647	2,00	0,514
SdE6	0,0517	0,727	1,76	0,054

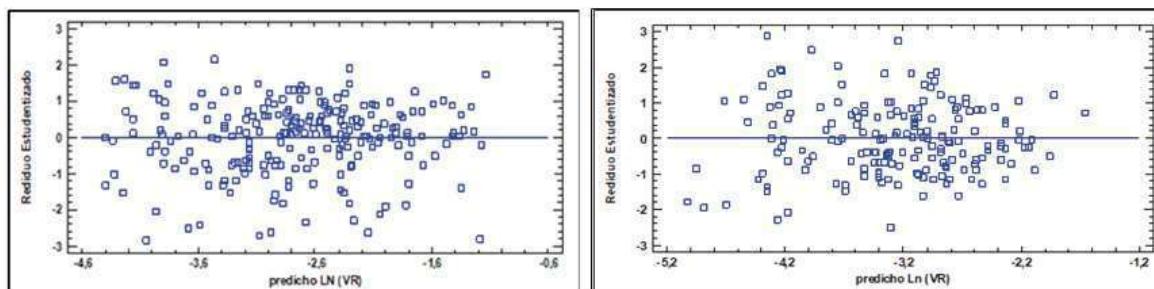


Gráfico 2. Modelos ajustados frente a los residuales estandarizados. Formosa (izquierda) modelo 5 de Schumacher-Hall (1933). Santiago del Estero (derecha) modelo 6 logarítmico de Spurr (1952).

Graph 2. Adjusted models with regard to the standardized residuals. Formosa (left) model 5 Schumacher-Hall (1933). Santiago del Estero (right) model 6 logarithmic Spurr (1952).

CONCLUSIÓN

En el estudio realizado con datos dasométricos de algarrobo blanco procedentes de plantaciones inmaduras de las provincias de Santiago del Estero y Formosa, los modelos con mejores ajustes fueron logarítmicos. Las funciones obtenidas con los dos modelos seleccionados proporcionan valores de ajuste altamente aceptables, con valores de coeficiente de determinación ajustado superior al 99%, evidenciando en el proceso de validación una alta exactitud (error menor al 5%) y escaso sesgo (menor al 1%), y cumpliendo los supuestos del modelo de regresión.

En el caso de Formosa el modelo logarítmico de Schumacher-Hall (1933) con la ecuación “ $\ln VF = -0,108013 + 1,93357 * \ln DN + 0,779932 * \ln HF$ ” resultó el más adecuado. En tanto para Santiago del Estero los modelos de Schumacher-Hall y logarítmico de Spurr o Kawas (1978) con las ecuaciones respectivas, “ $\ln VF = -0,158923 + 1,92282 * \ln DN + 0,802224 * \ln HF$ ” y “ $\ln VF = -0,281044 + 0,953702 * \ln (DN^2 * HF)$ ”, resultaron los mejores y con similar desempeño estadístico.

En consecuencia, se aconseja la utilización de las ecuaciones correspondientes a los modelos antes referidos para la predicción confiable y satisfactoria del volumen de fuste de árboles individuales procedentes de monocultivos de *P. alba* de las provincias de Formosa y Santiago del Estero, cuyos diámetros normales se encuentren dentro del rango en que se realizó el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

CANCINO, J. 2006. Dendrometría básica. Proyecto de desarrollo de la docencia, N° 04 – 034. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. 171 pp.

CAO, Q. V.; Burkhart, H.; Max, T. 1980. Evaluation of two methods for cubic – volume prediction for loblolly pine to any merchantable limit. Forest Science 26 (1): pp. 71 – 80.

CHÁVEZ, L. M. 2018. Determinación de funciones de volumen de árboles individuales para plantaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) en la Provincia de Formosa. Tesina de grado Carrera Ingeniería Forestal, Facultad Recursos Naturales (UNaF). 59 pp.

COUTO, H. T; Vettorazzo, S. C. 1999. Seleção de equações de volume e peso seco comercial para *Pinus taeda*. Cerne, v.5, n.1 pp. 69-80.

CRECHI, E. H.; Moscovich, F.; Fassola, H. E.; Hennig, A.; Hampel, H.; Domecq, C.; Maletti, C. 2003. Tabla de volumen para *Grevillea robusta* en Misiones, Argentina. 10º Jornadas Técnicas Ftales y Ambientales. Eldorado, Misiones. 10 pp.

GARCÍA, O. 1995. Apuntes de mensura forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 65 pp.

IMAÑA ENCINAS, J.; Antunes Santana, O.; Elias De Paula, J.; Rainier Imaña C. 2009. Equações de volume de madeira para o cerrado de Planaltina de Goiás. Floresta, Curitiba, PR, Vol. 39, N° 1, pp. 107-116.

KEES, S.; Gómez, C.; Verga, A.; Muttoni, F. 2012. Funciones de volumen de fuste para árboles individuales de forestaciones con algarrobo blanco *Prosopis alba* Griseb. en la provincia del Chaco. Actas de la Segunda Reunión Nacional del Algarrobo. Córdoba, Argentina. 1 p.

MAGGIO, A. D; Cellini, J. M. 2016. Recopilación de ecuaciones de volumen y biomasa de especies forestales de la República Argentina pp. 100-105.

PIÑONES CÁCERES, M. E. 2002. Funciones de volumen para *Prosopis alba* Grisebach. en el valle de Quillagua, provincia de Tocopilla, Región de Antofagasta. Trabajo final de Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca (Chile). 61 pp.

PRODAN, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura Forestal. Agroamérica San José de Costa Rica. 586 pp.

REED/CCAD – GIZ. 2014. Construcción de funciones de volumen. Nota técnica n° 4. Autores de la cartilla: Avilés P. E. y Araneda F. M. Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana. 51 pp.

SÁNCHEZ, W. 2013. Determinación de una función de volumen comercial con corteza para árboles individuales de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) a nivel predial. Tesina de grado Carrera Ingeniería Forestal, Facultad Recursos Naturales (UNaF). 45 pp.

RESULTADOS PRELIMINARES DE UN ENSAYO ADAPTATIVO DE KIRI (*Paulownia* spp.) EN SAN CARLOS, MENDOZA.

PRELIMINARY RESULTS OF AN ADAPTIVE TRIAL OF KIRI
(*Paulownia* spp.) IN SAN CARLOS, MENDOZA.

Fecha de Recepción: 20/11/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

El género *Paulownia* reúne varias especies forestales de rápido crecimiento y presenta características maderables muy similares al álamo, por ello ha despertado el interés en algunos productores, extensionistas e investigadores vinculados al sector foresto-industrial. Debido a que hay escasos reportes de ensayos técnicos en Mendoza, el objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento de *Paulownia* bajo diferentes tipos de manejo. En el INTA La Consulta se plantaron diez individuos en 2017: cinco fueron fertilizados con 30 g de fosfato diamónico por planta y cinco sin fertilizar, y se usó manta térmica para protección contra heladas tardías. Se registró el crecimiento de los árboles (altura y diámetro a la altura del cuello), se efectuaron podas de formación y se evaluó el efecto de la nieve, granizo y vientos. A los 18 meses posteriores al recepe, en promedio, las plantas fertilizadas crecieron 5,13 m de altura y 6,8 cm de diámetro; mientras que las plantas sin fertilizar midieron 2,18 m de altura y 4,5 cm de diámetro. La manta térmica protegió a los brotes de las heladas tardías, pero no influyó sobre el crecimiento final en las plantas que fueron fertilizadas. Estos resultados preliminares sugieren la posibilidad de adaptación exitosa de *Paulownia* en esta región.

Palabras clave: rápido crecimiento; fertilización; manta térmica.

SUMMARY

The genus *Paulownia* brings together several fast-growing forest species and presents wood characteristics very similar to poplar, which has attracted the interest of forest growers, extension workers and forestry researchers. Because there are few reports of technical trials in Mendoza, the objective of this research was to evaluate growth of *Paulownia* trees under different management conditions.. At INTA La Consulta, ten individuals were planted in 2017: five were fertilized with 30 g of diammonium phosphate, five remained unfertilized, and thermal blanket was used to protect against late frosts. Tree growth (height and diameter at neck height) was registered, formation pruning was carried out, and the effect of snow, hail and winds was taken into account. Eighteen months after the coppicing, on average, the fertilized plants grew 5.13 m in height and 6.8 cm in diameter; while the unfertilized plants measured 2.18 m in height and 4.5 cm in diameter. The thermal blanket protected the shoots from late frosts, but did not influence the final growth in the plants that were fertilized. These preliminary results suggest the possibility of successful adaptation of *Paulownia* in this region.

Key words: fast growth; fertilization; thermal blanket.

Christian G. Tarnowski

Licenciado en Genética (MSc), Estación Experimental Agropecuaria INTA La Consulta. Ex Ruta Nac. 40 - Km 96, San Carlos, Mendoza.

tarnowski.christian@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El género *Paulownia* (kiri) es originario de China y posee numerosas especies, de las cuales siete son forestales de rápido crecimiento y pertenecen a la familia *Paulowniaceae* (LUPI *et al.*, 2019). La madera es muy liviana ($0,270 \text{ g/cm}^3$) pero estable, se seca fácilmente, no se deforma ni se agrieta, es fácil de trabajar, adecuada para tallar y tiene excelentes propiedades de aislamiento (ZHU *et al.*, 1986; PEREYRA *et al.*, 2006). Los usos que posee la madera son muy similares al del álamo, es adecuado para la fabricación de muebles, contrachapado, pulpa, artesanías e instrumentos musicales. La primera experiencia con este género en la provincia de Mendoza data de 1976, donde fue realizado un ensayo adaptativo con *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl. en el campo del ex IFONA (Instituto Forestal Nacional) localizado cerca de la ciudad de Rivadavia, pero los resultados del crecimiento posterior al recepe no fueron alentadores (Informe Técnico, 1977). Actualmente, existe mucha información técnica sobre el manejo de este cultivo en diferentes partes del mundo, por ejemplo, en Nueva Zelanda (BARTON *et al.*, 2007); en Bulgaria (BIO TREE Ltd); en Chile (MUÑOZ y CANCINO, 2014); en Alemania (Cathaia International GmbH & Co. KG); en España (DEL CERRO BARJA, 2009) y una revisión reciente realizada en Argentina por LUPI *et al.* (2019). Las mayores experiencias sobre el manejo silvícola y sanitario del kiri se encuentra en la provincia de Misiones, pues existe una superficie plantada de aproximadamente 3.110 ha, según el inventario forestal de los años 2015-2016 (SUBSECRETARIA DE DESARROLLO FORESTAL, 2016). Sin embargo, no existe, hasta la fecha, datos de crecimiento y adaptación de este cultivo en la provincia de Mendoza.

Es por ello que se iniciaron algunos ensayos en la zona bajo riego del Valle de Uco, más precisamente en el Departamento de San Carlos (Mendoza), cuya actividad forestal más importante está ligada al cultivo del álamo. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el crecimiento del kiri según las condiciones ambientales y de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio

El ensayo se instaló en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA La Consulta ($33^{\circ}42'32.9''S$ $69^{\circ}04'28.8''W$) localizado en el Departamento de San Carlos, provincia de Mendoza y se encuentra a una altitud de 940 m.s.n.m. En los tres años que se evaluó este ensayo, la estación meteorológica local registró una gran amplitud térmica, siendo la temperatura mínima promedio de $-10,4^{\circ}\text{C}$ y máxima de $37,8^{\circ}\text{C}$ con precipitaciones anuales de 350 mm. El tipo de suelo en general tiene un pH 8,0 es de textura franco-arenosa y una conductividad eléctrica promedio de $1102,4 \mu\text{Scm}^{-1}$, medida hasta 90 cm de profundidad en tres puntos diferentes de la parcela.

Material vegetal

Las plantas, sin identidad genética conocida, fueron adquiridas en un vivero de Misiones por un productor forestal local. El día 3 de enero de 2017 se plantaron en total 10 individuos en un surco subsolado, en sentido N-S y una distancia de 5 m entre plantas.

Tratamientos y mediciones

Cinco plantas (llamado Grupo 1 o G1) fueron fertilizadas con 30 g de fosfato diamónico 18-46-0 en el hoyo de plantación y las restantes cinco plantas (llamado Grupo 2 o G2) no fueron fertilizadas. Mensualmente, durante el período de crecimiento, se tomaron medidas de altura total y diámetro a la altura del cuello (DAC) de cada planta y se tuvieron en cuenta algunas observaciones ambientales, tales como ocurrencias de nevada, vientos fuertes y granizo. Se realizó un análisis de varianza con el programa Infostat (DI RIENZO *et al.*, 2016) y para la diferencia de medias se aplicó Tukey al 5%.

Para la realización de este ensayo fue utilizado como guía práctica la cartilla de PANTAENIUS Y DALTON (1994), el cual describe las recomendaciones técnicas para el manejo del kiri en la provincia de Misiones. En el mes de agosto de 2017, todas las plantas fueron cortadas a nivel del suelo con una sierra de poda y la herida se protegió inmediatamente con una mezcla de Carbendazim 50% y pintura látex (1:5 v/v). El propósito de este recepe es favorecer el crecimiento rápido de un solo brote el cual se transformará en un fuste recto y de mejor calidad (KAYS *et al.*, 1988). A mediados del mes de octubre de 2017, cuando hubo una previsión del descenso de la temperatura mínima con posible riesgo de heladas, se cubrieron con manta térmica dos tocones seleccionados al azar en cada uno de los tratamientos G1 y G2.

A partir de los múltiples brotes emergidos en cada tocón, se eligió el más vigoroso para formar el fuste definitivo y se continuaron con las mediciones de DAC y altura total de la nueva planta. Se eliminaron los brotes laterales cada 15 días hasta una altura de 5 m. A mediados del mes de octubre de 2018 (1 año post-recepe) todos los fustes fueron pintados con pintura látex blanca para evitar lesiones provocadas por el sol (escaldaduras). Además, se instaló un sistema de riego por manguera con goteros cada 1 m, dando un caudal 3,5 a 4 L/h y con una frecuencia máxima de cuatro riegos por semana de 4 h cada turno en los meses de enero y febrero. Todo el ensayo tuvo el siguiente programa de fertiriego: en el período de diciembre de 2017 a enero de 2018 se fertilizó con 40 kg N/ha en cuatro aplicaciones, y entre noviembre de 2018 y abril de 2019 se incorporaron 29 kg N/ha en nueve aplicaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que todas las plantas que fueron fertilizadas en el momento de la plantación (G1) se desarrollaron más en altura y DAC que las plantas no fertilizadas (G2) en los primeros cuatro meses de crecimiento (Gráfico 1). Dentro de las primeras, la altura media máxima fue de 106,25

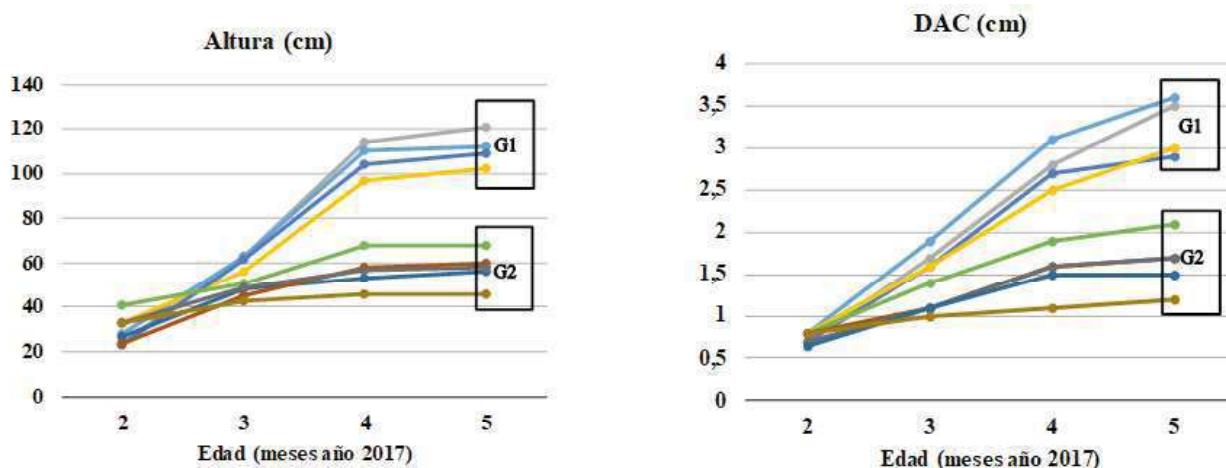


Gráfico 1. Crecimiento en altura y DAC de las plantas del G1 y del G2 desde la fecha de plantación hasta mayo de 2017.

Graph 1. Growth in height and DAC of G1 and G2 plants from the date of planting to May 2017.

cm y el DAC 3,45 cm; mientras que, en el segundo grupo, el valor promedio de altura fue de 56,40 cm y DAC de 1,66 cm, siendo las diferencias altamente significativas en ambas variables ($p=0,0002$).

FERNÁNDEZ *et al.*, (1997) evaluaron el efecto de la aplicación de dosis de NPK (0, 200, 400 y 800 g/planta) sobre el crecimiento inicial del kiri en un suelo degradado, localizado en Misiones, y luego de analizar la altura, DAP y volumen a los 19 meses de edad, también observaron diferencias altamente significativas entre las dosis de fertilización. Sin embargo, MARTÍNEZ *et al.*, (2010) encontraron que el crecimiento de un híbrido de *Paulownia* depende en mayor grado de la cantidad de agua que de la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. El crecimiento es muy dependiente del sitio, según VAN DE HOEF (2003) pueden llegar a medir entre 4 a 6 m de altura durante el primer año de crecimiento.

A mediados del mes de julio de 2017, cuando las plantas tenían 7 meses de edad, se produjo una nevada con permanencia en el suelo por una semana y la Estación Meteorológica local registró una temperatura mínima de $-13,4^{\circ}\text{C}$. En China, la distribución natural de *Paulownia* abarca regiones con temperaturas mínimas entre -15°C y -20°C (ZHU *et al.*, 1986), por lo tanto, la especie tiene una adaptación natural a bajas temperaturas y ninguna de ellas sufrió mortandad. Un mes después, cuando se realizó el recepe, los tocones del G1 medían entre 2,9 y 3,6 cm de DAC; mientras que en el G2 las medidas de los tocones variaron entre 1,2 y 2,1 cm (Gráfico 1). A finales del mes de septiembre la mayoría de los tocones del G1 tenían múltiples brotes de hasta 15 cm de longitud. Sin embargo, en el G2 sólo el tocón más grueso tenía un brote de 10 cm de longitud y los demás aún no habían brotado. PANTAENIUS y DALTON (1994) recomiendan no realizar el recepe si la base de la planta no ha superado los 2 cm de diámetro ya que el desarrollo radial es escaso y no se logaría un buen rebrote. No obstante ello, fueron recepadas todas las plantas para evaluar su comportamiento. KAYS *et al.*, (1988) en cambio, sugieren realizar el recepe cuando todas las plantas hayan alcanzado una altura mínima de 2,5 m, independientemente del diámetro del fuste y de la edad de la planta. El día 13 de octubre

de 2017 ocurrió una helada de $-0,5^{\circ}\text{C}$ y provocó daños en todos los brotes nuevos surgidos en las plantas que no fueron cubiertas con manta térmica. Los síntomas observados fueron ennegrecimiento y muerte del tallo y de todas las hojas, sin embargo, todas esas plantas volvieron a rebrotar desde la base luego de dos semanas. No obstante, los brotes de las plantas que fueron protegidas no se vieron afectadas y siguieron con su normal desarrollo. Si bien esto causó una diferencia en el tamaño inicial de los brotes dentro del G1, el uso de la manta térmica no influyó en el crecimiento, cuyas medidas tendieron a homogeneizarse hacia principios de otoño (marzo de 2018), con valores promedios de 2,90 m de altura y 5,8 cm de DAC. Sin embargo, dentro del G2 estos parámetros tuvieron mayores diferencias como consecuencia del uso de la manta térmica, siendo la altura promedio para las plantas sin cubrir de 1,43 m y DAC de 2,9 cm; mientras que las plantas que fueron cubiertas midieron en promedio 2,42 m de altura y 5,2 cm de DAC.

En diciembre de 2017 hubo ocurrencia de viento Zonda en la región con una velocidad de hasta 59,5 km/h y la temperatura máxima fue de $43,2^{\circ}\text{C}$, esta condición estuvo presente por 10 horas en la Experimental. En ese momento, todas las plantas tenían menos de 1 m de altura y ninguna de ellas sufrió algún efecto por este fenómeno (ni siquiera caída de hojas). TAFT (2019) realizó una evaluación de crecimiento y adaptación de un ensayo de kiri de dos años de edad instalado en la EEA Pocitos del INTA en la provincia de San Juan, y observó que la presencia de vientos permanentes en la misma dirección genera curvaturas en los troncos y daños en las hojas por el efecto abrasivo de la arena en suspensión, lo cual produce árboles indeseables por lo menos para su uso maderero. Entonces, tal cual lo mencionan BARTON *et al.*, (2007), es importante considerar el efecto del viento en el sitio de plantación porque puede afectar la forma de la copa y el crecimiento en altura del kiri.

En el Tabla 1 se muestran los valores promedio de crecimiento mensual posterior al recepe de las plantas del G1 y del G2, en los meses donde se registraron incrementos

en altura y DAC. En el análisis de los datos de las cinco plantas del G1, fueron eliminadas las mediciones de un individuo que presentó características diferentes en cuanto a forma y color de hojas, así como mayor longitud del pecíolo. Además, era mucho más sensible al frío, por lo tanto, se trataría de otra especie de *Paulownia* que no pudo ser identificada.

La mayor tasa de crecimiento mensual se observó en enero de 2018 dentro del G1 donde se registró un incremento promedio de 78 cm de altura y 1 cm de DAC. Se destacó el crecimiento en altura de casi 3 cm por día en una de las plantas (Figura 1). TEZA (2001) observó en un ensayo con *P. fortunei* realizado en Misiones que el mayor crecimiento en altura fue de aproximadamente 1 m y ocurrió entre los meses de febrero y marzo.

La temperatura media del mes de enero fue de 24,6 °C, la más elevada del verano, y ese valor coincide con el rango de temperatura en el cual *Paulownia* crece en óptimas condiciones, que es entre 24-29 °C (ZHU *et al.*, 1986). En el verano del año siguiente, tanto el incremento en altura como en diámetro fue comparativamente menor, y coincidentemente las temperaturas medias no alcanzaron ese valor mínimo (Tabla 1). FALASCA y BERNABÉ (2010) realizaron una caracterización edafoclimática de Argentina para definir los sitios con mayor o menor aptitud para el cultivo del kiri, y la zona Oeste de la provincia de Mendoza, específicamente la región llamada Valle de Uco, fue catalogada justamente como: “Área apropiada con riego con limitaciones por temperaturas bajas en verano”. De todas formas, bajo un contexto de cambio climático global, es indispensable seguir probando diferentes especies e híbridos en varios sitios a fin de poder determinar su adaptabilidad.

En febrero de 2018 hubo una tormenta de granizo durante 30 minutos con tamaños que variaron entre 5 a 10 mm. Este evento provocó el quiebre del extremo apical de tres plantas del G1 y dos plantas del G2, además de rotura de hojas y daños en la corteza. No obstante, al cabo de dos

semanas, todas las plantas que fueron dañadas comenzaron a rebotar a partir de las yemas axilares que se encontraban a mayor altura y luego se dejó una sola para que continúe el crecimiento. En el invierno, los brotes apicales de todas las plantas se helaron y al inicio de la primavera fueron seleccionados nuevamente los brotes más rectos y vigorosos, eliminando los restantes. *Paulownia* posee alta capacidad de rebrote, lo que permite inclusive hacer uso de las plantaciones por más de un turno de cosecha (MUELLER *et al.*, 2001).

Se comprobó que el período de crecimiento activo del kiri abarca seis meses consecutivos (de octubre a marzo), detiene su crecimiento en abril y a mediados de mayo sufre la caída de hojas. En la Tabla 1 y en el Gráfico 2 se observa que la altura promedio del G2 disminuyó en la medición de octubre de 2018 porque las tres plantas que no fueron cubiertas con manta térmica el año anterior, no lograron desarrollarse adecuadamente y volvieron a sufrir los efectos de una helada tardía de -0,5 °C, matando las hojas y el tallo joven no lignificado. En Chile observaron también que las heladas primaverales fuertes pueden dañar los brotes o tallos jóvenes, afectando severamente el crecimiento y la forma del árbol (MUÑOZ y CANCINO, 2014). En el G2 se observó que únicamente las dos plantas que fueron cubiertas con manta térmica posterior al recepe, crecieron hasta una altura aproximada de 2,5 m y no fueron afectadas por el frío, las cuales continuaron con su normal crecimiento en la siguiente primavera (Gráfico 2). Sin embargo, los fustes de las tres plantas que no fueron cubiertas no alcanzaron los 2 m de altura y se helaron hasta un 70% de su longitud, por tal motivo rebrotaron en la primavera las yemas ubicadas a unos 30 cm del suelo. Por otro lado, todas las plantas del G1 crecieron en ese mismo período hasta una altura promedio de 2,90 m y ninguna sufrió los efectos del frío.

Tabla 1. Crecimiento promedio mensual de altura y DAC de las plantas del G1 y del G2 posterior al recepe. Se muestra la temperatura media de cada mes (°C). (*) Una tormenta de granizo provocó el quiebre de la yema apical de varias plantas.

Table 1. Average monthly increase in height and diameter of G1 and G2 plants after coppicing. The average temperature of each month is shown (°C). (*) A hailstorm broke the main apical bud of several plants.

Año 2017				2018						2019		
Mes	Oct	Nov	Dic	En	Feb*	Mar	Oct	Nov	Dic	En	Feb	Mar
°C	13,9	18	22,5	24,6	24,3	21,5	15,1	18,5	20,1	22	21,5	17,5
Altura (m)												
G1	0,28	0,82	1,55	2,33	2,50	2,90	3,28	3,90	4,46	4,81	5,06	5,13
G2	0,24	0,48	0,95	1,51	1,69	1,82	1,04	1,43	1,69	1,95	2,16	2,18
DAC (cm)												
G1	1,6	2,9	3,7	4,7	5,6	5,8	5,9	6,0	6,3	6,6	6,7	6,8
G2	1,1	1,6	2,2	3,3	3,7	3,8	4,0	4,1	4,3	4,4	4,5	4,5



Figura 1. Planta de kiri de 3 meses de edad, brotada después del recepe.

Figure 1. Three-month-old plant of kiri, sprouted after the coppicing.

Casi todos los fustes que fueron pintados de blanco mostraron una lesión provocada por el sol (escaldadura) a unos 20 cm del suelo, hacia el lado Noroeste y con dimensiones de 15 cm de largo y 2 cm de ancho. Es muy probable que el daño haya sido ocasionado durante el invierno al acumularse una masa de aire frío a nivel del suelo y luego, al inicio de la primavera, la radiación solar dañó esa área del tronco ya sensibilizada (comunicación personal con Gerardo Pantaenius, Jefe de la Agencia de Extensión Rural INTA Eldorado). La corteza del kiri es muy delgada y susceptible de ser dañada por el frío del invierno, el viento fuerte y el sol (KAYS *et al.*, 1988).

A los 18 meses de edad (marzo de 2019), las plantas del G1 midieron en promedio una altura de 5,13 m y DAC de 6,8 cm. Dentro del G2 estos parámetros fueron estadísticamente significativos con respecto al tratamiento de la manta térmica. El promedio en altura de las dos plantas cubiertas fue de 4,37 m mientras que las tres plantas no protegidas midieron 0,72 m ($p = 0,0163$); y el DAC promedio fue de 6,15 cm y 3,43 cm, respectivamente ($p = 0,0117$). Si bien se incorporó nitrógeno al suelo en todo el ensayo mediante fertiriego y en dos períodos estivales, al parecer no causó un efecto cuantificable en el crecimiento de las plantas del G2, en particular las que no fueron protegidas

de las heladas. Por lo tanto, la no fertilización al momento de la plantación fue crucial en el desarrollo subsiguiente de esas plantas.

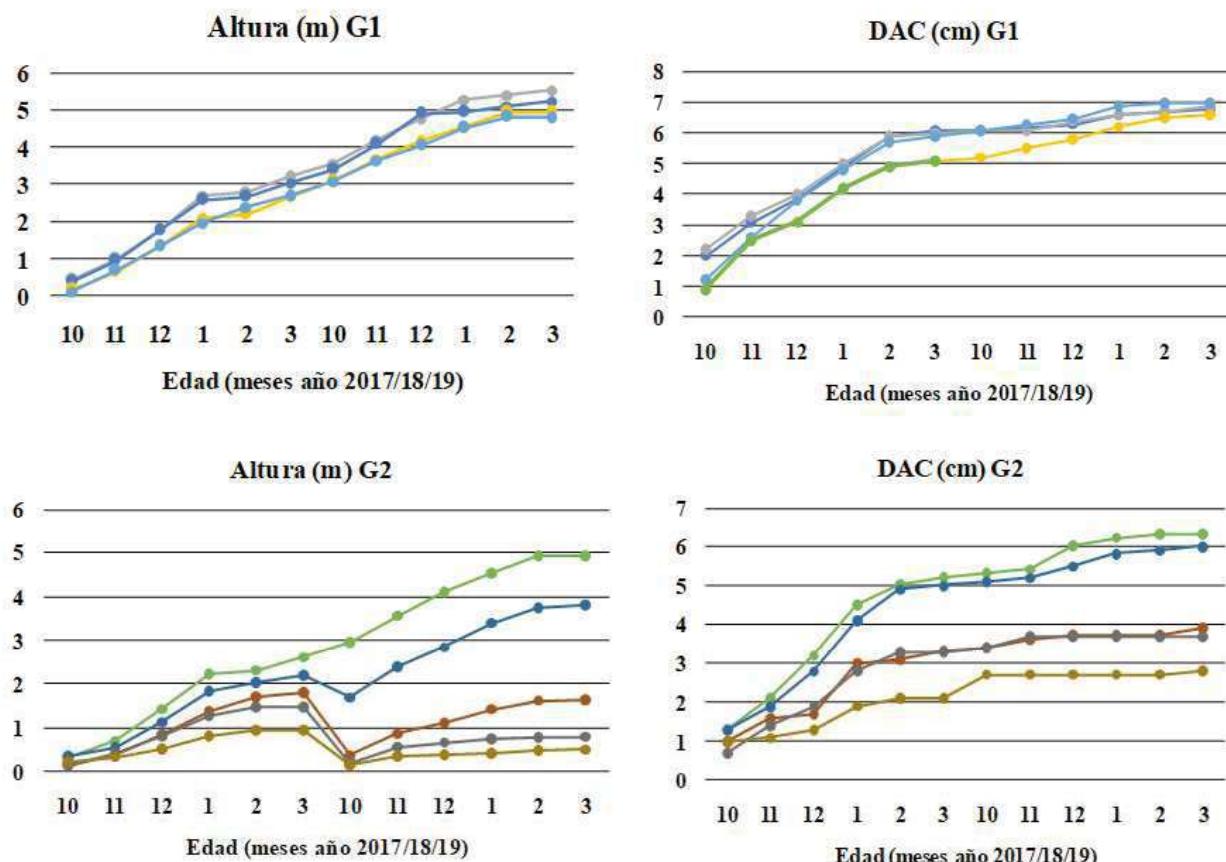
En Chile, una plantación de *Paulownia* de alta densidad (1000 plantas/ha) medidos a los 18 meses de edad, presentó una altura total de 3,51 m y 9,5 cm de DAC (MUÑOZ y CANCINO, 2014). Debido a que este cultivo tenía como destino la producción de biomasa para fines energéticos, crecieron en promedio 3,5 vástagos por árbol y sin podas de ramas. Sin embargo, si el destino final es producción de madera, deben realizarse diferentes manejos silvicolas (recepe, podas de ramas laterales y/o apicales, raleos intermedios) para obtener árboles con fustes rectos, libres de nudos y de buen diámetro en el menor tiempo posible (BARTON *et al.*, 2007).

Considerando la variación interanual entre marzo de 2018 y marzo de 2019, las plantas del G1 tuvieron un incremento promedio en altura de 2,24 m y DAC de 1 cm; mientras que en las plantas del G2, la diferencia de crecimiento en altura en ese mismo período fue en promedio de 0,36 m y DAC de 0,4 cm.

Hasta el momento no se detectó presencia de plagas o fitopatógenos en este cultivo.

Gráfico 2. Crecimiento en altura y DAC de las plantas del G1 y del G2 después del recepe realizado en agosto de 2017 hasta marzo de 2019.

Graph 2. Growth in height of the five plants of the G1 (left) and diameter at neck height (right) after the coppicing performed in August 2017 until May 2019.



CONCLUSIÓN

De la realización de este trabajo se pueden concluir los siguientes aspectos:

La fertilización al momento de la plantación permite acelerar el crecimiento inicial de las plantas y llegar al invierno con un diámetro en la base superior a los 2 cm. Este diámetro basal mínimo es necesario para que el recepe tenga los efectos deseados.

Si bien el uso de la manta térmica impide el daño por heladas primaverales en los brotes jóvenes, no sería un insumo necesario pues *Paulownia* posee buena capacidad de rebrote y puede alcanzar un desarrollo óptimo si las plantas son fertilizadas al momento de la plantación.

La planta tiene que lograr un crecimiento en altura mínimo de 2,5 m durante el primer año posterior al recepe para escapar a los daños provocados por las heladas invernales y así obtener un crecimiento continuo.

La pintura blanca no evita la escaldadura en la parte basal de los troncos en plantas de un año de edad.

Es muy prematuro recomendar la plantación de *Paulownia* en esta región. Es necesario instalar ensayos en otros sitios de la provincia para estudiar también su crecimiento bajo otras condiciones ambientales y de manejo.

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES FINALES

De acuerdo a las observaciones realizadas bajo estas condiciones ambientales y el tipo de manejo efectuado, se pueden mencionar los siguientes puntos: (1) La plantación debería realizarse a fines de octubre para evitar heladas tardías y ganar mayor crecimiento en verano. (2) Es imprescindible realizar una fertilización de arranque para obtener un óptimo crecimiento en altura y diámetro. (3) A pesar que no se evaluó la necesidad de agua para el riego, es fundamental en la época de pleno crecimiento regar por lo menos entre 15 y 20 L por planta por semana. (4) Hay que realizar el recepe solamente cuando el DAC sea mayor a los 2 cm. (5) La presencia de nieve en el suelo por una semana no afecta a las plantas en el primer año de plantación. (6) El viento zonda no causa daños cuando las plantas son pequeñas (menores a 1 m de altura). (7) El granizo provoca heridas del impacto en el fuste y quiebres de la yema apical, pero es posible el manejo de los rebrotes pues *Paulownia* posee una buena capacidad regeneradora. (8) Durante el primer año de crecimiento pos-recepe es importante realizar el

desbrote de las yemas axilares cada 15 días para obtener un fuste recto y libre de nudos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente al Sr. Jorge Nuñez por haber provisto las plantas para este ensayo, a la pasante de la Dirección de Desarrollo Foresto Industrial del MAGyP Virginia Dávila por su colaboración en las mediciones de las plantas y a la Ing. Agr. Natalia Naves, Técnica Regional de la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial del MAGyP por contribuir con la logística y difusión de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BARTON I.L.; Nicholas I.D.; Ecroyd C.E. 2007. *Paulownia*. Forest Research Bulletin No. 231: 1174 - 5096.
- DEL CERRO BARJA, A. 2009. Forestación de zonas semiráridas de Castilla-La Mancha con *Paulownia* spp. Informe del proyecto de investigación. Centro Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete. Departamento Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética, Universidad Castilla-La Mancha. 70 p.
- DI RIENZO J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- FALASCA, S.L.; Bernabé, M.A. 2010. Aptitud agroclimática argentina para la implantación de bosques energéticos de *Paulownia* spp. Revista Geográfica. No. 148 (JULIO-DICIEMBRE 2010), pp. 151-163.
- FERNÁNDEZ, R., Lupi, A.; Pahr, N; Domecq, C. 1997. Respuesta del Kiri (*Paulownia* spp) a la fertilización y al encalado. Resultados a los 19 meses de edad. Revista YVYRARETA 8, Julio. 92-94 pp.
- INFORME TÉCNICO 1977. Memoria Anual del Instituto Forestal Nacional. Rivadavia, Mendoza, p. 9.
- KAYS, J.; Johnson, D.; Stringer, J. 1988. How to Produce and Market *Paulownia*. Maryland Cooperative Extension, University of Maryland, USA, Bulletin 319, 26 pp.
- LUPI, A.M.; Flores Palenzona, M.; Falconier, M.; Tato Vazquez, C.L. 2019. Antecedentes y cultivo del género *Paulownia* "kiri" en Argentina. Instituto de Suelos, Centro de Investigaciones Recursos Naturales, INTA Castelar. Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación. 27 p.
- MARTÍNEZ, E., Lucas-Borja, M.E., Andrés Abeillán, M., López Serrano, F.R., García Morote, A., del Cerro Barja, A., 2010. Aprovechamiento energético de *Paulownia* spp. en el ámbito mediterráneo. Revista Montes 102: 5–12.
- MUELLER J.P., Luginbuhl J. M., Bergmann B. A. 2001. Establishment and early growth characteristics of six *Paulownia* genotypes for goat browse in Raleigh, NC, USA. Agroforestry Systems 52: 63-72.
- MUÑOZ, F.; Cancino, C. 2014. Antecedentes de *Paulownia elongata x fortunei* para la producción de bioenergía. Universidad de Concepción, Chile. 72p.
- PANTAENIUS, G. y Dalton, E. 1994. El cultivo de kiri: Recomendaciones Técnicas. E.E.A Montecarlo, Misiones. Cartilla Técnica nº 1, 14 pp.
- PEREYRA, O., Suirezs T.M., Pitsch, C., Báez, R. 2006. Estudio de las propiedades físico-mecánicas y comportamiento en procesos industriales de la madera de kiri, grevillea, paraíso y toona. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, p: 213-223.
- SUBSECRETARIA DE DESARROLLO FORESTAL 2016. Actualización del inventario de bosques cultivados de la provincia de Misiones. Trabajo ejecutado por el laboratorio de Inventario y Manejo Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, Eldorado, Misiones, 68 pp.
- TAFT, D.A. 2019. Evaluación del crecimiento de Kiri, *Paulownia* spp, en comparación con el Álamo *Guardi*, *Populus x canadensis* en la Provincia de San Juan (Argentina). Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, 56 pp.
- TEZA, V.G. 2001. Selección temprana y clonación de *Paulownia fortunei* Hemsley. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, 78 pp.
- VAN DE HOEF, L. 2003. *Paulownia*, Agriculture Notes (AGO778). Department of Primary Industries, Box Hill, Melbourne, Australia, ISSN 1329-8062 pags. 1–3.
- ZHU, Z.H., C.J. Chao, X.Y. Lu & Y.G. Xiong. 1986. *Paulownia* in China: cultivation and utilization. Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Center, Singapore. 65 pp.

EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD EN EL MANEJO FORESTAL DE *Araucaria angustifolia* EN EL NE DE MISIONES

Rocío M. García

Ing. Forestal. Becaria Doctoral CONICET. Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. Universidad Nacional de Río Negro. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Mitre 630, CP 8400, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina.
rmgarcia@unrn.edu.ar

Juan F. Goya

Ing. Forestal. Profesor Titular de la Cátedra de Silvicultura y Profesor Adjunto de la Cátedra de Manejo Forestal. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Diagonal 113 Nro 426 2do Piso. CP 1900, La Plata, Argentina.
jgoya@agro.unlp.edu.ar

Sarah L. Burns

Dra. en Ciencias Forestales. JTP de la Cátedra de Manejo Forestal. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Diagonal 113 Nro 426 2do Piso. CP 1900, La Plata, Argentina.
slburns@agro.unlp.edu.ar

SUSTAINABILITY EVALUATION IN THE FOREST MANAGEMENT OF *Araucaria angustifolia* IN THE NE OF MISIONES

Fecha de Recepción: 04/12/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

El Campo Anexo Manuel Belgrano (CAMB) se encuentra en el NE de la provincia de Misiones bajo la administración del INTA. Esta unidad de manejo forestal (UMF) cuenta con un núcleo de forestación de Araucaria (*Araucaria angustifolia* Berth O. Ktze.), de gran valor productivo y de conservación. El objetivo de este trabajo fue aplicar la metodología de Principios, Criterios e Indicadores para evaluar la sustentabilidad a nivel predial en el CAMB para las plantaciones de Araucaria. Se aplicaron los Principios y Criterios para el manejo forestal sustentable (MFS) propuestos por CIFOR de los cuales se desprenden Indicadores elaborados a partir de las particularidades del CAMB. De los resultados obtenidos, se observó el grupo armónico que conforma el CAMB, en el cual el personal tiene conciencia del valor ambiental del lugar. A través de los verificadores se pudo ver la falta de información en algunas temáticas, lo cual es importante ya que al aumentar la fuente de información los resultados son cada vez más precisos. Aun así, la propuesta resultó ser una herramienta práctica para el análisis de la sustentabilidad del manejo del CAMB.

Palabras clave: recursos forestales, indicadores, desarrollo sustentable.

SUMMARY

The Annex Experimental Area Manuel Belgrano is located in Misiones under INTA administration. This forest management unit encompasses an *Araucaria angustifolia* afforestation with significant productive and conservation values. The aim of this study was to apply the methodology of Principles, Criteria and Indicators to evaluate the sustainability at Forest Management Unit level. The Principles and Criteria for Sustainable Forest Management (SFM) proposed by CIFOR were applied, from which Indicators based on the characteristics of the CAMB are derived. From the results obtained, the harmonic group that makes up the CAMB was observed, in which the staff is aware of the environmental value of the place. Through the verifiers, it was possible to see the lack of information in some topics, which is important since as the source of information increases, the results are increasingly accurate. Even so, the proposal turned out to be a practical tool for the analysis of the sustainability of CAMB management.

Key words: forest resources, indicators, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

Luego de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, el concepto de Manejo Forestal Sustentable (MFS) se instaló globalmente, tanto en la comunidad científica como entre los tomadores de decisiones. El MFS debe abordar, al menos, tres aspectos fundamentales logrando ser ecológicamente viable, económicamente factible y socialmente deseable (APLET *et al.*, 1993). Esta necesidad de equilibrio y de una visión global simultánea del sistema, dificulta la toma de decisiones relativas al manejo. En este sentido, su evaluación es una tarea compleja ya que implica valorar el cumplimiento de objetivos que abarcan distintas dimensiones (ecológica, económica y socio-cultural). Si la población local estuviera involucrada en la toma de decisiones de estos procesos relacionados con los recursos naturales, podrían desarrollar una sensación de propiedad y comenzar a generar conciencia acerca de la conservación de los mismos (SCHUSSER 2012). La transformación del concepto abstracto de la sustentabilidad y más específicamente del MFS, a un término operativo, es esencial para la planificación a mediano plazo de cualquier actividad. Para ello es importante realizar un abordaje sistémico, donde se consideren los límites del sistema, los componentes que lo integran y las interrelaciones que ocurren entre ellos. Este abordaje permite organizar el conocimiento interpretando las propiedades particulares que emergen de estas relaciones (SARANDÓN 2002). Al momento de definir los aspectos a evaluar podemos tomar dos enfoques, uno de análisis cualitativo, utilizando la opinión de expertos y habitantes del lugar y otro de análisis cuantitativo del cual se obtienen datos biofísicos basados en mediciones a campo (BARAL *et al.*, 2016). Entre las distintas herramientas desarrolladas, existe consenso en la idoneidad de los denominados indicadores (SARANDÓN 2002, WIJEWARDANA 2008). Sin embargo, para su utilidad, el uso de estos instrumentos debe permitir comprender perfectamente, sin ambigüedades, los puntos críticos de la sustentabilidad de un sistema, permitiendo detectar tendencias que, de otra manera, pasarían desapercibidas y así tomar decisiones al respecto.

La metodología de Principios, Criterios e Indicadores (PC&I) puede ser vista como una herramienta para recolectar y organizar información de una manera que sea útil para la conceptualización, evaluación, implementación y comunicación del MFS. Estos PC&I son diseñados para ser usados con una variedad de propósitos: (1) para el monitoreo del manejo forestal, (2) en la certificación de industrias forestales, (3) de guía para ayudar a los encargados de gestionar los recursos forestales y (4) ayudando a las instituciones forestales en la organización de distintas áreas (MENDOZA y PRABHU 2000). Se pueden considerar distintas escalas en el análisis de la sustentabilidad, desde i) internacional/regional, ii) nacional/sub-nacional, iii) unidad de manejo forestal (UMF) (SAGPyA 2000). En esta última escala las mediciones pueden ser más precisas y el impacto de las prácticas de manejo en los bosques y en la población local son más visibles (JALILOVA *et al.*, 2012). Si bien la implementación de los PC&I es importante en todas las escalas para promover el MFS, a nivel de UMF es crucial, ya que es a esta escala donde se toman la mayor parte de

decisiones referentes al manejo forestal con efectos y posibles impactos sobre el sistema. Por otro lado, SCHUSSER (2012) señala que si se involucra a la población local en la toma de decisiones de procesos relacionados con recursos naturales cercanos, pueden desarrollar una sensación de propiedad y comenzar a generar conciencia acerca de la conservación de los mismos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la sustentabilidad alcanzada a nivel predial, a través de la implementación de Principios, Criterios e Indicadores, en una Unidad de Manejo Forestal con plantaciones de Araucaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

En el NE de la provincia de Misiones existe un núcleo de forestaciones de Araucaria de 450 ha, de gran valor productivo y de conservación. Estas plantaciones se encuentran en el Campo Anexo Manuel Belgrano (CAMB), bajo la administración del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado sobre la Ruta Nacional 101, a 3 km de la Localidad de San Antonio. La propiedad cuenta con una superficie total de 2.087,20 ha; geográficamente se ubica a los 26° 04' de Latitud Sur y a los 53° 45' de Longitud Oeste a una altitud de 600 m.s.n.m. (Figura I). El campo fue creado por Decreto Presidencial N° 25870/48, quedando bajo la órbita de la Administración Nacional de Bosques, posteriormente denominada Instituto Forestal Nacional (IFONA). Luego de la disolución del IFONA, en el año 1992, la Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación transfirió finalmente el inmueble al INTA.

La UMF, desde el punto de vista de su administración, depende de la Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo (EEA Montecarlo) ubicada en la ciudad de Montecarlo, Provincia de Misiones a XX km. En relación a los objetivos de manejo bajo el cual se enmarca la administración de la UMF, podrían observarse conflictos de intereses actuales y potenciales, esto es, entre los aspectos de conservación, sociales, ecológicos y productivos, que podrían derivar en una situación del manejo no sustentable. La Ley Provincial N° 2.380/86 declara Monumento Natural a los ejemplares nativos o de regeneración natural del territorio misionero. A su vez, Araucaria es considerada según UICN como especie en “peligro crítico” por su estado de conservación (THOMAS 2013). Estas características de la especie convierten al CAMB en un objeto de estudio interesante para evaluar la sustentabilidad.

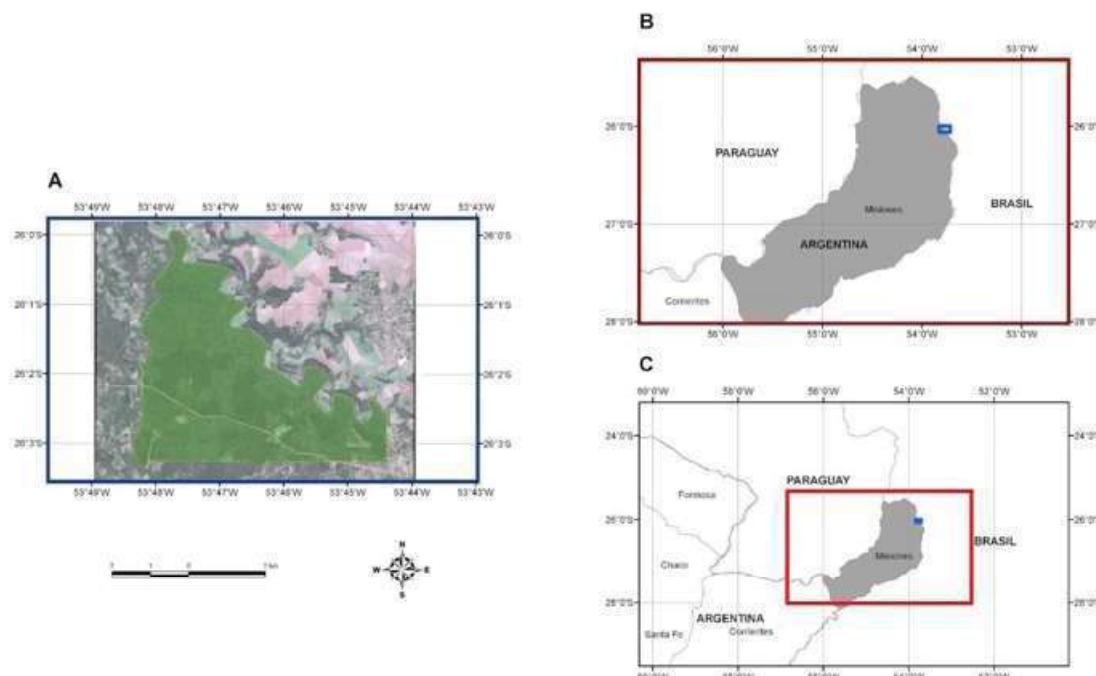


Figura 1. Mapa de ubicación del CAMB. A: Detalle del CAMB, B: Ubicación del CAMB en la provincia de Misiones, C: Provincia de Misiones.

Figure 1. CAMB. Location map A: Detail of the CAMB, B: Location of the CAMB in the province of Misiones, C: Province of Misiones.

Métodos

La metodología utilizada se basa en un sistema de pensamiento jerárquico basado en principios, a partir de los cuales se desprenden criterios, indicadores y normas prácticas para el manejo, donde el nivel de los principios descompone el objetivo general en componentes más específicos.

El nivel de los criterios traduce los principios en situaciones dinámicas del ecosistema o del sistema social. El nivel de los indicadores añade elementos mensurables. Finalmente, los verificadores son necesarios para aclarar la fuente de información para el valor asumido por un indicador (LAMMERTS VAN BUEREN y BLOM 1997). Se aplicaron los Principios (Tabla I), y Criterios para el MFS propuestos por CIFOR (PRABHU *et al.*, 1998) a escala predial, de los cuales se desprenden Indicadores elaborados a partir de las particularidades del CAMB constituyendo una propuesta de 4 Principios, 16 Criterios y 48 Indicadores (SANTACÁ 2014). De forma gráfica se representó la valorización de los indicadores en cada principio y se pudo observar cuáles están más cerca y cuáles están más lejos de contribuir al objetivo principal del manejo sustentable. A partir de este análisis, se obtuvieron los puntos inflexivos de la UMF, para los que se sugirieron recomendaciones.

A partir de este análisis, se obtuvieron los puntos inflexivos de la UMF. La fuente de información se basó en los verificadores (SANTACÁ, 2014), entre los cuales se obtuvieron datos del Plan de Manejo Forestal para las plantaciones de Araucaria (GOYA *et al.*, 2012), información sobre su aplicación durante los últimos años y la bibliografía publicada sobre diferentes aspectos ecológicos. Por otro lado, se realizaron entrevistas a los diferentes actores involucrados seleccionando al menos un actor por grupo de interés. Para la selección de las personas a entrevistar se

realizó un muestreo, empleando el método no probabilístico por bola de nieve, con el objetivo de obtener la máxima representatividad, se garantizó la selección de al menos un actor por grupo de interés (TANSEY 2007). Los grupos identificados se basaron en el área de interés sobre el CAMB y en la relación de propiedad con el campo, interno (INTA) o externo (Tabla II).

El tipo de entrevista que se realizó es de tipo estructurada, en las cuales se estableció una lista de preguntas predeterminadas que abarcaron la información necesaria para el cálculo de los indicadores preestablecidos. Se realizaron en total 16 entrevistas, entre los representantes de cada temática elegidos y los sugeridos por los mismos.

Para la estandarización, teniendo en cuenta los verificadores de cada indicador, se logró dar un valor a los mismos en una escala positiva de 0 a 3 : a mayor valor, más sustentable. También se realizó la ponderación de los indicadores, con una escala de 1 a 3 , para considerar la importancia relativa de cada indicador subordinado a cada criterio, ya que no todos los indicadores inciden de la misma manera en el promedio general de cada criterio. El mismo procedimiento se utilizó para darle valor a los criterios teniendo en cuenta su relación con los principios (SARANDÓN & FLORES, 2009). Al tener los valores de los indicadores, se construyeron gráficos de araña para poder identificar los puntos críticos de cada principio (Gráfico II). Por otro lado, teniendo en cuenta que todos los principios contribuyen en partes iguales al MFS, se obtuvo un porcentaje alcanzado con respecto al total (teniendo en cuenta que todos los indicadores tengan un valor de 3). De esta manera se logró comparar en cuánto contribuye cada principio al MFS (Gráfico I).

Tabla 1. Principios definidos para la evaluación de la sustentabilidad del CAMB (SANTACÁ 2014).
Table 1. Defined principles for the evaluation of the sustainability of the CAMB (SANTACÁ 2014).

Principio	Aspecto evaluado
I	La planificación, la estructura normativa y un marco institucional son factores que favorecen el MFS
II	Mantenimiento de la integridad del ecosistema
III	Rendimiento sostenible y calidad de los bienes y servicios ambientales
IV	El MFS mantiene o realza el acceso equitativo intergeneracional a los recursos y beneficios económicos

Tabla 2. Clasificación de actores.**Table 2. Participants classification.**

	Producción	Conservación	Educación	Turismo
Interno	-Coordinación Programa Nacional INTA -Administración EEA -Personal del CAMB	-Investigación EEA -Dirección EEA	-Profesional EEA -Extensión CAMB	-Personal del CAMB
Externo	-Empresa (contratista) -Aserradero	-Parques Nacionales -ONG	-Escuela local -Profesional UNaM/ Co.I.For.M ¹	-Municipio -Colonos

¹UNaM: Universidad Nacional de Misiones. Co.I.For.M : Colegio de Ingenieros Forestales de Misiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados globales obtenidos (gráfico I), el Principio I obtuvo un menor valor debido a la importancia en la valoración de la participación pública en la planificación del manejo forestal. El Principio II se vio afectado por la evidente falta de indicadores de biodiversidad y también por la superficie de bosque bajo el PMF. En el Principio III la mayor parte de los indicadores se basaron en datos existentes en el PMF realizado en 2012. El Principio IV, obtuvo el mayor porcentaje debido a la armonía que presenta el grupo de trabajo, aunque por otro lado se observó que la comunidad local manifestó diversas opiniones con respecto a la función que cumple el INTA. Si tenemos en cuenta que los cuatro Principios por los cuales se conforma esta propuesta tienen igual peso relativo, esto quiere decir que cada uno tiene un potencial de cubrir el 25% del objetivo general, podríamos determinar que el CAMB cumple con un 61% el objetivo del MFS.

Para profundizar el análisis, a modo de ejemplo, se tomó el Principio II del cual se presenta el gráfico de estandarización de los indicadores (Gráfico II).

Dentro de las observaciones que se realizaron a partir de los resultados se percibió el grupo armónico que conforma el personal del CAMB y la concientización de sus dirigentes con respecto al valor ambiental que tiene el lugar. Además, cuentan con un plan de manejo forestal para las plantaciones de Araucaria que tiene como finalidad lograr el

MFS, aunque sería conveniente que en un futuro se contempla también el bosque nativo. El trabajo de extensión que se está realizando en la protección de fuentes de agua con las familias vecinas es un gran progreso para la comunidad. Las medidas establecidas en la cosecha para minimizar impactos en el sistema suelo y vegetación que se exigen al contratista también son de gran valor para mantener un orden y un manejo correcto del recurso.

En cuanto a la integridad del bosque, la existencia y aplicación de procedimientos para la protección y el control de la biodiversidad es un tema que aún requiere mayor desarrollo. También es importante regular el nivel de cosecha, el cual sufre variaciones debido a cuestiones económicas, a la zonificación del lugar y a las características de la empresa encargada de realizar el servicio. El nivel de cosecha se ve amenazado por el precio de madera, últimamente se está viendo una preferencia por la madera de especies de rápido crecimiento (*Pinus spp.* y *Eucalyptus spp.*) y el precio de la Araucaria no ha subido significativamente (COIFORM, 2017).

Se pudo notar en varios indicadores una falta de comunicación entre la comunidad local y el INTA. La desinformación conlleva a que para algunos vecinos se genere una imagen errónea del rol que cumple el INTA en el CAMB. Los vecinos saben que es necesario que se preserve la UMF, pero no tienen claro el trabajo que se está llevando a cabo, ni por qué es significativa su conservación. La administración de CAMB cuenta con un proyecto de educación

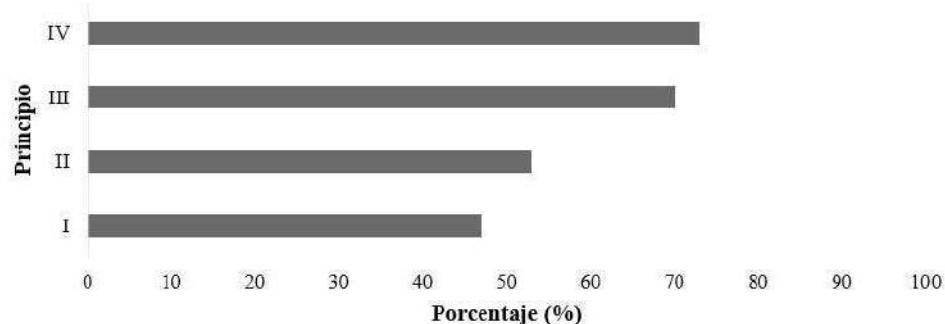
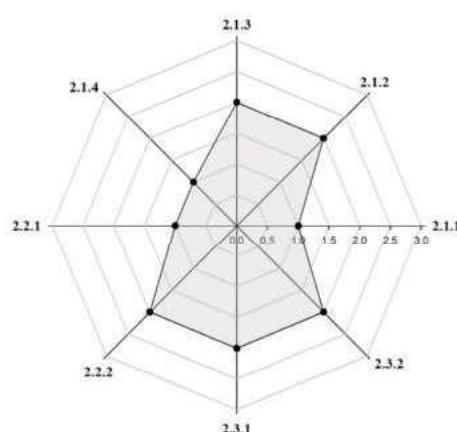


Gráfico 1. Porcentaje total alcanzado del MFS por cada Principio.
Graph 1. Total percentage obtained from the SFM for each Principle.



Principio II: Mantenimiento de la integridad del ecosistema

- 2.1.1. Extensión y porcentaje de la UMF bajo planes integrales de Manejo o de Cambio de Uso del Suelo.
- 2.1.2. Superficie de bosques dedicada a la producción y protección.
- 2.1.3. Extensión y porcentaje de la UMF bajo cada tipo de bosque.
- 2.1.4. Integridad estructural y funcional del bosque.
- 2.2.1 Existencia y aplicación de procedimientos para la protección y control de la biodiversidad.
- 2.2.2 Extensión y porcentaje de bosque reservado para la conservación de la biodiversidad.
- 2.3.1 Medidas para asegurar la protección de las fuentes de captación de agua corriente abajo.
- 2.3.2 Parámetros característicos de ciclado de nutrientes.

Gráfico 2. Estandarización del Principio II.
Graph 2. Standardization of Principle II.

ambiental, para que la gente conozca la institución y su función ambiental, pero al parecer no logró llegar aún a toda la comunidad. Si la población local estuviera informada acerca del manejo de los recursos naturales que provee el CAMB tal vez podría contribuir a que generen conciencia acerca de lo importante que es la preservación del lugar, tal como señala (2012). Por otro lado, el hecho de que algunos pobladores no respeten los límites del CAMB y que el INTA no tenga un programa para evitar estas situaciones trae complicaciones. Varios de los entrevistados manifestaron que la presión del pueblo de San Antonio por el avance de la urbanización será la principal amenaza que tendrá el CAMB. En algunos casos, hubo proyectos ajenos al INTA con el objetivo de utilizar parte de la superficie del CAMB, por ello es importante el rol del municipio y las políticas adoptadas para que se priorice la conservación del lugar ante el uso que se pueda dar a las tierras con otro fin.

CONCLUSIÓN

La propuesta de PC&I utilizada resultó ser una herramienta práctica para el análisis de la sustentabilidad del manejo del CAMB. Los verificadores pusieron en evidencia las áreas que carecen de información. Al disponer de mayor información actualizada, el resultado será cada vez más

preciso. Una característica importante es la subjetividad que tiene la metodología por parte de quien la aplica. Al no haber datos claros y públicos para algunos indicadores, son evaluados a partir de opiniones de los entrevistados y esto conlleva a un mayor grado de subjetividad. Por este motivo es importante realizar un número mayor de entrevistas, aunque en algunas ocasiones cierta información, necesaria para llevar a cabo el análisis, es conocida por un solo actor por lo que no se puede contar con un mayor número de opiniones.

BIBLIOGRAFÍA

APLET, G. H.; Johnson, N.; Olson, J.T. y V. Alarie Sample, V.. 1993. Defining sustainable forestry. The wilderness Society. The Island Press. 328 pp.

BARAL, H.; Guariguata, M.R. y Keenan, R.J.. 2016. A proposed framework for assessing ecosystem goods and services from planted forests. Elsevier. Ecosystem Services. December 2016. 22 B, pp 260-268.

COIFORM. 2017. Boletín de Precio Productos Forestales al cierre de agosto 2017. Disponible en : <http://nacionesforestal.blogspot.com/p/precios-forestales.html>

(Último acceso : mayo de 2020)

GOYA, J.; Sandoval, M.; Arturo, M.; Burns, S.; Russo, F.; Santacá, M.; Azcona, M. y Sañudo, G. 2012. Plan de Manejo forestal del Campo Anexo Manuel Belgrano EEA- Montecarlo del INTA, Misiones. LISEA. FCAYF. 53 pp

LAMMERTS VAN BUEREN, E. M. y Blom, E. M. 1997. Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards. The Tropenbos Foundation. Netherlands. 92 pp.

MENDOZA, G. y Prabhu, R. 2000. Development of a methodology for selecting criteria and indicators for sustainable forest management: A case study on participatory assessment. Springer-Verlag New York Inc. Environmental Management. 26, pp 659 – 673.

JALILOVA y; Khadka, C. y Vacik, H. 2012. Developing criteria and indicators for evaluating sustainable forest management: A case study in Kyrgyzstan. Elsevier. Forest Policy and Economics. August 2012. 21, pp 32 – 43.

PRABHU, R.; Colfer, C. y Shepherd, G. 1998. Criterios e Indicadores para la ordenación forestal sostenible nuevos hallazgos de la investigación realizada por CIFOR al nivel de la Unidad de Manejo Forestal. Red Forestal para el Desarrollo sostenible. 24 pp.

SANTACÁ, M. 2014. Propuesta de indicadores de sustentabilidad para el manejo forestal de un establecimiento con plantaciones de *Araucaria angustifolia* en el NE de Misiones. Tesis de grado. UNLP. 63 pp.

SARANDÓN, S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Agroecología. Ediciones Científicas Americanas. 20, pp 393-414.

SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). 2000. Criterios e Indicadores de Manejo Forestal Sustentable: 76 pp.

SCHUSSER, C. 2012. Who determines biodiversity? An analysis of actors' power and interests in community forestry in Namibia. Elsevier. Forest Policy and Economics. November 2013. 36, pp 42-51.

TANSEY, O. 2007. Process Tracing and Elite Interviewing: A Case for Non-Probability Sampling. University of Reading. pp 765-762.

THOMAS, P. 2013. *Araucaria angustifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species. e.T32975A2829141.

WIJEWARDANA D. 2008. Criteria and indicators for sustainable forest management: The road travelled and the way ahead. Ecological indicators 8 (2008) pp.115–122.

IMPLEMENTACIÓN DE UN RODAL SEMILLERO DE *Prosopis chilensis* (Mol.) STUNTZ PARA OBTENCIÓN DE SEMILLA DE CATEGORÍA SELECCIONADA EN SAUJIL, CATAMARCA,

IMPLEMENTATION OF A SEED STAND OF *Prosopis chilensis* (Mol.) STUNTZ FOR OBTAINING SEEDS OF SELECTED CATEGORY IN SAUJIL, CATAMARCA, ARGENTINA.

Graciela E. Verzino

Ing Agr, MSc, Prof. Asoc. (Jubilada) Silvicultura, Fac. Cs. Agrop., Univ. Nac. de Córdoba; C.C. 509, (5000) Córdoba.

gverzino@agro.unc.edu.ar

Javier E. Frassoni

Ing Agr, Prof. Asistente Silvicultura, Fac. Cs. Agrop., Univ. Nac. de Córdoba, C.C. 509, (5000) Córdoba.
javierfrassoni@agro.unc.edu.ar

Nidia Castillo

Bióloga, Contratada por el Proyecto GEF 090118. nidiacastillo_11@yahoo.com.ar

Jacqueline Joseau

Ing Agr, Dra en Cs. Agropecuarias, Prof. Asoc. Silvicultura, Fac. Cs. Agrop., Univ. Nac. de Córdoba; C.C. 509, (5000) Córdoba. jajoseau@agro.unc.edu.ar

Juan J. Cólica

Ing Agr, AER Andalgalá INTA.
colica.juan@inta.gob.ar

Diego López Lauenstein

Ing Agr, Mgter Cs. Agrop., CIAP, INTA, Camino 60 Cuadras, Km 5,5, (5119) Córdoba
lopez.diego@inta.gob.ar

Aníbal Verga

Ing Agr, Dr en Cs. Forestales, AER La Rioja INTA.
anibal.r.verga@gmail.com

Fecha de Recepción: 29/11/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue implementar un rodal de *Prosopis chilensis* para producción de semilla de categoría Seleccionada en Saujil, Catamarca. Se recolectaron y midieron hojas y frutos del rodal seleccionado. El análisis multivariado de las variables de hojas y el análisis de isoenzimas de semillas (ADH) permitieron identificar árboles fuera de tipo que se eliminaron mediante raleo genético. Después del raleo, se cosecharon nuevamente frutos del rodal y se realizó el análisis de isoenzimas de las semillas, el que mostró una disminución de individuos heterocigotas (ADH - A23 *P. chilensis* x *P. flexuosa*) de 2,38 a 1,67% y homocigotas no deseadas (ADH - A22 *P. flexuosa*) del 2,38 al 0%, valores aceptables por la Resolución 374/14, que establece las condiciones mínimas admisibles de homogeneidad genética para el comercio de semillas. El rodal de Saujil, Catamarca, se encuentra, actualmente, en condiciones de ser registrado en INASE para producción de semilla de categoría Seleccionada. De esta manera, trabajando para obtener semilla pura y uniforme se comienza a salvar la restricción histórica que existe en Argentina para lograr buenas plantaciones forestales de especies nativas del género *Prosopis*.

Palabras clave: bosque nativo, isoenzima, algarrobo chileno, comercialización de semilla

SUMMARY

The objective of this work was to implement a stand of *Prosopis chilensis* for the production of Selected category seed in Saujil, Catamarca. Leaves and fruits of stand trees were collected and measured. Multivariate analysis of leaf variables and the analysis of seed isozymes (ADH) allowed identifying out-of-type trees that were eliminated by genetic thinning. After thinning, fruits were harvested again and isoenzyme analysis was performed on the seeds, which showed a decrease of heterozygous individuals (ADH - A23 *P. chilensis* x *P. flexuosa*) from 2.38 to 1.67% and homozygous (ADH - A22 *P. flexuosa*) from 2.38 to 0%, values acceptable by Resolution 374/14, which establishes the minimum admissible conditions of genetic homogeneity for seed trade. The Saujil, Catamarca stand is currently in a position to be registered in INASE for the production of Selected category seed. In this way, working to obtain pure and uniform seed begins to save the historical restriction that exists in Argentina to achieve good forest plantations of native species of the genus *Prosopis*.

Key words: native forest, isozyme, Chilean carob tree, seed trade

INTRODUCCIÓN

Son ampliamente conocidas las características excepcionales de *Prosopis chilensis*, tanto por la cantidad de bienes que proporciona como por sus valiosos servicios ambientales. Gracias a su aptitud maderera, ha sido incorporada desde hace más de 10 años, junto a otras especies del género, a los programas de promoción que subsidian sus plantaciones.

Sin embargo, existe una seria restricción para el desarrollo forestal a gran escala: Por ser aún una especie “silvestre” posee una variación genética demasiado amplia para el cultivo (VERZINO *et al.*, 2003; VERGA, 2005). Por otra parte, constituye, conjuntamente con *P. flexuosa*, *P. alba* y *P. nigra*, un complejo de especies afines que hibridan entre sí (JOSEAU *et al.*, 2005), por lo que la cosecha de frutos produce materiales segregantes y, en las forestaciones de *P. chilensis*, se observa gran desuniformidad en velocidad y hábito de crecimiento. La gran diversidad observada obliga a reducir la variabilidad mediante la constitución de unidades genéticas discretas, más estables y uniformes. Uno de los mecanismos utilizados en el mundo es la implementación de rodales semilleros a partir de la aplicación de prácticas de manejo específicas sobre el bosque nativo (VERGA 2014).

Para analizar la variabilidad genética en poblaciones naturales se comenzó a utilizar, hacia 1960, la técnica de electroforesis en geles de enzimas (isoenzimas). Así, para describir la variación inter-específica de un rodal se puede utilizar el análisis isoenzimático de semillas mediante el marcador isoenzimático alcohol deshidrogenasa (ADH). El análisis de ADH permite determinar, a partir de una muestra de semillas de un rodal, qué proporción proviene de cruzamientos inter-específicos entre los grupos de algarrobos “blancos”, *P. alba* y *P. chilensis*, y “negros”, *P. nigra* y *P. flexuosa* (llamados así por la coloración de sus frutos).

Por otro lado, mediante el análisis morfológico de hojas y frutos (JOSEAU *et al.*, 2005, VERGA *et al.*, 2009) es posible identificar los individuos del algarrobal que no pertenecen a la especie deseada o bien que presumiblemente pueden ser de origen híbrido. Esto es debido a que los algarrobos muestran una fuerte correlación entre sus características morfológicas de hoja y fruto y su base genética, especialmente aquella relacionada con su origen específico (SAIDMAN, 1986; VERGA, 1995 y 2001; JOSEAU *et al.*, 2005; VERGA and GREGORIUS, 2007).

La enzima ADH presenta, en el género *Prosopis*, dos loci. El locus de mayor velocidad de migración, identificado con la letra “A”, posee tres alelos denominados 1, 2 y 3, por su velocidad decreciente de migración. Este sistema enzimático tiene la particularidad de que el alelo ADH-A-2 está prácticamente fijado en los algarrobos “negros”, mientras que en los “blancos” es el alelo ADH-A-3 el que presenta frecuencias cercanas a 1. Así, *Prosopis alba* muestra una conformación ADH-A-33 (SAIDMAN 1986), al igual que *Prosopis chilensis*, mientras que *P. flexuosa* y *P. nigra* muestran una conformación ADH-A-22 (VERGA 1995, JOSEAU *et al.*, 2005). Existe, asimismo, una alta correlación entre los genotipos para el locus ADH-A y caracteres

morfológicos de hoja y fruto, de tal forma que individuos homocigotas ADH-A-22 y ADH-A-33 responden a caracteres morfológicos de la especie respectiva, mientras que los heterocigotas ADH-A-23 aparecen con morfología intermedia entre ambas especies (VERGA 1995, JOSEAU *et al.*, 2005).

La frecuencia del alelo ADH-A-2 (propio de los algarrobos “negros”) en una muestra de semilla cosechada de un algarrobal de algarrobo “blanco” puede utilizarse como un índice del grado de cruzamientos inter-específicos que se producen en el rodal analizado, y por lo tanto del “grado de hibridación del rodal”. Del mismo modo la frecuencia del alelo ADH-A-3 en un algarrobal “negro” será índice del intercambio genético con los algarrobos “blancos” (VERGA 2014).

A pesar de la intensa degradación y pérdida sufrida por los bosques de *P. chilensis* en el país, existen aún relictos de la especie pura que, mediante manejo, pueden ser transformados en rodales semilleros genéticamente estables, para producir semillas adecuadas para reforestación y para programas de mejoramiento forestal, esto es semilla de categoría Seleccionada. El objetivo del presente trabajo fue implementar un rodal semillero de *Prosopis chilensis* para obtención de semilla de categoría Seleccionada en Saujil, Catamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de información disponible en el Banco Nacional de Germoplasma de *Prosopis*, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba (BNGP, FCA, UNC), así como en INTA, informantes locales e imágenes de Google Earth, se definieron itinerarios de viajes exploratorios y de cosecha en las provincias de Córdoba, La Rioja y Catamarca. Se ubicaron áreas potenciales productoras de semillas teniendo en cuenta la composición específica del rodal, las características morfológicas y sanitarias de los árboles, la accesibilidad, las condiciones legales de los establecimientos donde estaban ubicados los rodales y la predisposición de sus propietarios.

La tarea fue llevada a cabo por el BNGP, conjuntamente con el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) y la Agencia de Extensión Rural Andalgalá del INTA. Se ubicó un rodal relativamente puro de *P. chilensis* a orillas de un curso temporario de agua, en el establecimiento agrícola Palampa S.A., a dos km de Saujil, en Catamarca, propiedad del Sr. Alberto Rosanigo.

Se realizaron estudios morfológicos y genéticos exploratorios para definir y delimitar el rodal semillero utilizando la metodología descripta por VERGA *et al.*, (2009) y JOSEAU *et al.*, (2005), basada en el análisis morfológico de hojas y frutos y el análisis isoenzimático de semillas.

En primer lugar se efectuó un pre-muestreo, durante el cual se cosecharon frutos y hojas de 6 árboles. Cada árbol se numeró con pintura, se geo-referenció y se fotografió. El material vegetativo se acondicionó para su escaneo (5 hojas adultas por árbol) e incorporación al Herbario ACOR (FCA, UNC). De cada muestra de frutos, se

extrajeron 5 vainas completas, de buena sanidad, y se midieron manualmente. El resto de los frutos se trillaron y se extrajeron semillas para el análisis genético y para su almacenamiento en el banco pasivo del BNPG (dos muestras de 60 g), previo análisis de poder germinativo. En gabinete se efectuó el análisis morfológico del material muestreado (frutos y hojas) mediante el Programa Hojas 3.4 (VERGA 2010). En la Tabla 1 se describen las variables medidas en hojas y frutos.

En laboratorio se evaluó la pureza específica de los individuos mediante el marcador isoenzimático alcohol deshidrogenasa (ADH). Los análisis isoenzimáticos y el análisis multivariado sobre las variables de hojas y frutos, utilizando los softwares Infostat (DI RIENZO *et al.*, 2012) y NTSYSpc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System versión 2), permitieron adelantar que el rodal tenía un alto grado de pureza específica.

Al año siguiente, se tomaron muestras de hojas de todos los árboles del rodal (58) para efectuar los análisis morfológicos y se cosecharon frutos de todos los árboles

que fructificaron (22) para llevar a cabo los análisis morfológicos e isoenzimáticos, además de la conservación posterior de las semillas en banco pasivo. Al igual que en el pre-muestreo, todos los individuos fueron geo-referenciados, fotografiados y numerados con pintura. Mediante análisis multivariado de las variables de hojas, con el auxilio de los análisis isoenzimáticos para ADH, se identificaron los individuos fuera de tipo (6) que se eliminaron mediante raleo genético. Meses después, se cosecharon frutos de la fructificación posterior al raleo y se realizaron nuevamente los análisis isoenzimáticos para verificar si se habían modificado las frecuencias alélicas del rodal.

En la figura 1 se visualiza el rodal, con todos los árboles que fueron numerados, geo-referenciados, fotografiados, muestreadas sus hojas y, en aquellos que produjeron frutos, cosechados sus frutos.

Tabla 1. Variables de hojas y frutos consideradas para el análisis morfológico de los rodales.
Table 1. Leaf and pod traits used for morphological analysis of stands.

Nomenclatura	Variable y unidad de medida
Lpe	Longitud del pecíolo (cm)
Npi	Número de pares de pinas (cantidad)
Lpi	Longitud de la pina (cm)
Nfol	Número de pares de foliolulos por pina (cantidad)
Difol	Distancia entre foliolulos. Se calcula mediante: LPI/NFOL (cm)
Lfol	Longitud del foliolulo (cm)
Afol	Ancho del foliolulo (cm)
L-Afol	Relación Longitud/Ancho de foliolulo. Se calcula dividiendo LFOL/AFOL
ArFol	Área del foliolulo (cm^2)
Ap-Tot	Relación área del ápice del foliolulo (1/3 del Largo de foliolulo) /área total del foliolulo.
ArTot	Índice de Área total de la hoja. Se calcula: ArFol x 2 x Nfol x 2 x Npi
LFr	Largo de fruto (cm)
AFr	Ancho de fruto (cm)
GFr	Grosor de fruto (mm)
Forma	Forma de fruto
Color	Color de fruto
Borde	Borde de fruto

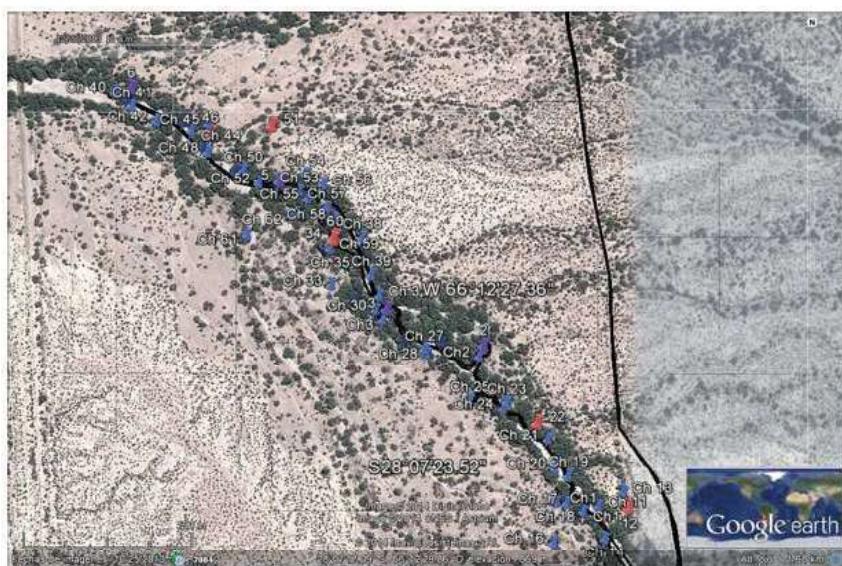


Figura 1. Rodal semillero de *P. chilensis*, a 2 km de Saujil, Catamarca. Imagen tomada de Google Earth (2016). En azul los árboles semilleros, en rojo los árboles que se talaron.

Figure 1. *P. chilensis* stand, 2 km from Saujil, Catamarca. Google Earth satellite image (2016) In blue the seed trees, in red the trees that were cut.



a)

Figura 2. a) Árbol 1 del rodal de *P.chilensis* en Palampa, Catamarca; a la derecha sus hojas (b) y frutos (c) dispuestos para medición con el programa Hojas 3.4.

Figure 2. a) Tree 1 of the *P.chilensis* stand in Palampa, Catamarca; on the right its leaves (b) and fruits (c) arranged for measurement with the Hojas 3.4 program.



b)



c)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 describe la ubicación geográfica del rodal y las características generales de topografía, suelo y clima. La tabla 3 muestra los valores de media (Med), máximo (Máx) y mínimo (Mín) y de desviación estándar (DS) de las variables altura total y DAP de los árboles.

Describe, además, la distribución etaria aparente y cantidad de fustes por árbol.

El dendrograma del gráfico 1 muestra la agrupación de árboles según similitud en términos de variables seleccionadas de hoja. Se señalan los árboles que fueron marcados para ser extraídos, teniendo en cuenta la distancia Euclídea a la que se encuentran del resto (árboles 46, 51, 22, 60, 34 y 12).

La tabla 4 muestra la frecuencia genotípica y alélica del rodal antes y después del raleo genético.

El análisis de ADH, realizado sobre las semillas de 22 árboles, mostró una disminución de individuos heterocigotas (ADH – A23 – Híbrido *P. chilensis* x *P. flexuosa*) de 2,38 a 1,67% y homocigotas (ADH – A22 *P. flexuosa*) de 2,38 a 0%, valores aceptables por la Resolución INASE 374/14, que establece las condiciones mínimas admisibles de homogeneidad genética de la especie para la comercialización de sus semillas.

Como se puede apreciar, el raleo de los árboles fuera de tipo (raleo genético) identificados mediante análisis morfológico de hojas (JOSEAU *et al.*, 2005, VERGA *et al.*, 2009), mejoró la uniformidad de la semilla, tal cual lo describiera VERGA (2014) para cinco especies del género *Prosopis*.

Tabla 2. Características ambientales generales del sitio del rodal de *P. chilensis*, Saujil, Catamarca.

Table 2. General environmental characteristics of the stand site of *P. chilensis*, Saujil, Catamarca.

Coordinadas/ Altura m.s.n.m.	Región/Provincia Nombre del estable- cimiento	Topografía y suelo	Clima
-28°07'13.63" S -66°12'35.43" O 875 m.s.n.m.	Monte Septentrional. Saujil/Catamarca Palampa S.A.	Cambortides típico, Suelo llano, pendiente 3% a 10%, arenoso. Junto a margen de curso agua temporario. pH:8	Precipitaciones:150mm Temp. media Ene/Jul 28°C/10°C Máx y Mín abs: 45°C/ -5°C.

Tabla 3. Estadística descriptiva del rodal seleccionado de *Prosopis chilensis*, Saujil, Catamarca.

Table 3. Descriptive statistics of the selected stand of *P. chilensis*, Saujil, Catamarca.

Altura [m]				DAP [m]				Distribución etaria [%]				Cantidad de Fustes [%]			
Med	Máx	Mín	DS	Med	Máx	Mín	DS	J	Ad	Añ	1	2-3	4-5		
7,72	11,2	4,64	1,63	0,44	0,85	0,11	0,21	41	44	15	7	33	60		

Referencias: J: Juvenil; Ad: Adulto; Añ: Añoso.

References: J: Young; Ad: Adult; Añ: Old.

Tabla 4: Frecuencia genotípica y alélica del rodal de *P. chilensis* propiedad de Palampa S.A., Catamarca.

Table 4. Genotypic and allelic frequency of the *P. chilensis* stand owned by Palampa S.A., Catamarca.

Frecuencia Genotípica					
Antes del raleo genético			Después del raleo genético		
Genotipo	Nº Indiv.	Frecuencia	Genotipo	Nº Indiv.	Frecuencia
33	40	95,24	33	59	98,33
23	1	2,38	23	1	1,67
22	1	2,38	22	0	0,00
Total	42	100,00		60	100,00

Frecuencia Alélica					
Antes del raleo genético			Después del raleo genético		
Alelo	Nº Alelos	Frecuencia	Alelo	Nº Alelos	Frecuencia
3	81	96,43	3	119	99,17
2	3	3,57	2	1	0,83
Total	84	100,00		120	100,00

Referencias: Genotipo 33: *P. chilensis*; Genotipo 22: *P. flexuosa*; Genotipo 23: Híbrido.

References: Genotype 33: *P. chilensis*; Genotype 22: *P. flexuosa*; Genotype 23: Hybrid.

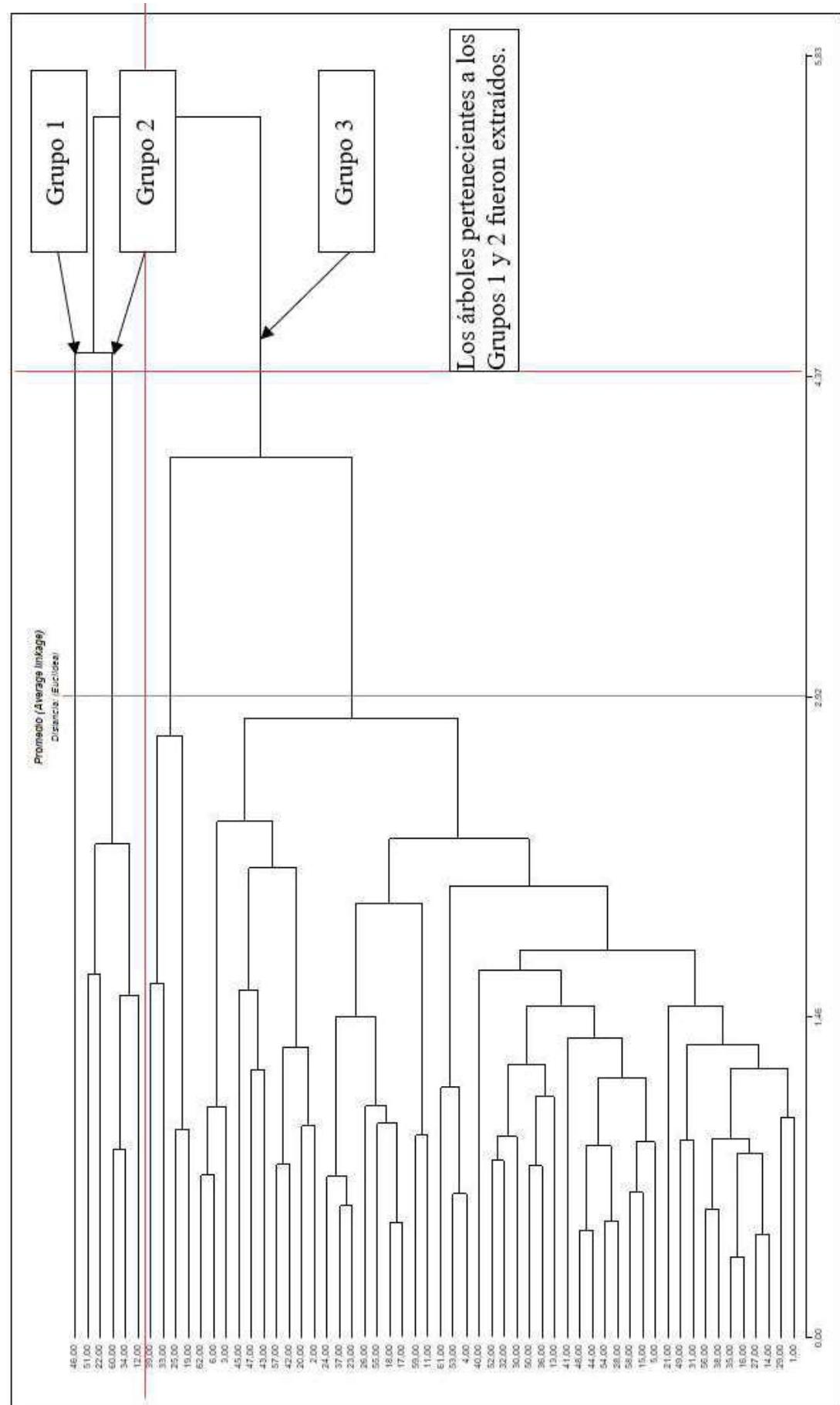


Gráfico 1. Dendrograma de hojas de *P. chilensis*. Análisis de conglomerados. Promedio (Average linkage). Distancia Euclídea. Correlación cofenética= 0,860. Variables estandarizadas. Casos leídos 58.Casos omitidos 0. Variables seleccionadas.= NFOL, NPI, Afol, L_afol, Arfol, Difol.
Graph 1. Leaf dendrogram of *P. chilensis*. Cluster Analysis. Average linkage. Euclidean distance. Cofernetic correlation = 0,860. Standardized variables. Cases read 58. Cases omitted 0. Selected variables. = NFOL, NPI, Afol, L_afol, Arfol, Difol.

CONCLUSIÓN

La implementación de un rodal de *P. chilensis* para la obtención de semilla de Categoría Seleccionada es factible siguiendo la secuencia de ubicación del rodal, premuestreo, análisis morfológico de hojas y frutos, aplicación del análisis de isoenzimas (ADH) a semillas, raleo genético de árboles fuera de tipo y nuevo análisis de ADH de semillas, posterior al raleo. El rodal de Saujil, Catamarca, se encuentra, actualmente, en condiciones de ser registrado en INASE para producción de semilla de categoría Seleccionada. De esta manera, trabajando para obtener semilla pura y uniforme se comienza a salvar la restricción histórica que existe en Argentina para lograr buenas plantaciones forestales de especies nativas del género *Prosopis*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Alberto Rosanigo, propietario de Palampa S.A., por su buena predisposición para la realización del presente proyecto. Al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Proyecto Conservación de la Biodiversidad en Paisajes Productivos Forestales GEF 090118 T.F.), a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC y al INTA (CIAP y AER Andalgalá) por el financiamiento brindado para su ejecución. Al personal de la Unidad Para el Cambio Rural (UCAR) del MAGyP de la Nación, por su permanente asistencia y soporte administrativo.

BIBLIOGRAFÍA

- DI RIENZO, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, UNC, Argentina. URL <<http://www.infostat.com.ar>>
- JOSEAU, M. J., Verga, A. R. y Díaz, M. del P. 2005. Caracterización morfológica y genética de poblaciones del género *Prosopis* del Chaco Semiárido del Norte de Córdoba y Sur de Santiago del Estero. BAG. Revista Sociedad Argentina de Genética. Actas XXXIV Congreso Argentino de Genética. Volumen XVII. Sept 2005. 191 pp
- SAIDMAN, B. O. 1986. Isoenzymatic studies of alcohol dehydrogenase and glutamate oxalacetate transaminase in four South American species of *Prosopis* and their natural hybrids. *Silvae Genetica* 35, pp 3-10.
- VERGA, A. 1995. "Genetische Untersuchungen an *Prosopis chilensis* und *P. flexuosa* (Mimosaceae) im trocken Chaco Argentiniens. Göttingen Research Notes in Forest Genetics. Abteilung für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen Nro. 19, 96 pp.
- VERGA A. R. 2001. Clave para la identificación de híbridos entre *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa* sobre la base de caracteres cuantitativos. *Multequina* 10, pp 17-22.
- VERGA, A. 2005. Recursos Genéticos, Mejoramiento y Conservación de Especies del Género *Prosopis* en Mejores árboles para más forestadores: El Programa de Producción de Material de Propagación Mejorado y el Mejoramiento Genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo Edición: Carlos A. Norberto. SAGPyA-BIRF.
- VERGA, A. 2010. Programa HOJA. Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales, CIAP, INTA. Distribución gratuita.
- VERGA, A. 2014. Rodales semilleros de *Prosopis* a partir del bosque nativo. *Revista de Ciencias Forestales. Quebracho* 22 (1, 2), pp 125-138.
- VERGA A. and Gregorius H.R. 2007. Comparing morphological with genetic distances between populations: A new method and its application to the *Prosopis chilensis* – *P. flexuosa* complex. *Silvae Genetica*, 56 (2), pp 45-51.
- VERGA, A., López Lauenstein, D., López, C., Naval, M., Joseau, J., Gómez C., Royo, O., Degano, W. y Marcó M. 2009. Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Revista de Ciencias Forestales. Quebracho* 17 (1, 2), pp 31-40.
- VERZINO, G., Carranza, C., Joseau, J., Ledesma, M. y Di Rienzo, J. 2003. Genetic adaptive variation of *Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz. Preliminary results from one test-site. *Forest Ecology and Management* 175, pp 119-129.

EVALUACIÓN DEL RECURSO BIOMÁSICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A TRAVÉS DEL WISDOM DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT

Laura Palomeque

Ph.D. Profesional de gestión externa (desarrollo de cultivos bioenergéticos) INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew, Chubut; palomeque.laura@inta.gob.ar

Marilina Peñalva

M.Sc. en Riesgo Geológico y Meteorológico. Profesora Jefa de Trabajos Prácticos, ICPA-UNTDF Walanika 250 1º Piso, oficina 18, Ushuaia, Tierra del Fuego; mpenalva@untdf.edu.ar

Adriana Beider

Licenciada en Protección y Saneamiento Ambiental. Jefa de Grupo Pastizales Naturales, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew, Chubut; beider.adrina@inta.gob.ar

Graciela Ponce

Licenciada en Geografía Técnica en SIG. Agencia Provincial de Promoción de Energías Renovables; Juan Finoqueto 151, Rawson, Chubut; gachi_ponce@hotmail.com

Erica Llanos

Licenciada en Geografía; Jefa de Grupo de Gestión Ambiental, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew, Chubut; llanos.margarita@inta.gob.ar

EVALUATION OF THE BIOMASS RESOURCE FOR THE GENERATION OF RENEWABLE ENERGY BASED ON THE RESULTS OBTAINED BY THE WISDOM OF THE PROVINCE OF CHUBUT.

Fecha de Recepción: 13/12/2019 // Fecha de Aceptación: 02/12/2020

RESUMEN

Con base en el análisis espacial realizado para la provincia de Chubut a través de la metodología WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*), se evaluó la oferta accesible de biomasa por fuente para cada departamento. Los resultados muestran que los bosques nativos contribuyen con la mayor parte de la biomasa disponible para la generación de energía con una baja contribución de los cultivos forestales. Los departamentos donde el consumo de biomasa es mayor que la oferta directa accesible muestran un gran potencial para la implementación de cultivos bioenergéticos.

Palabras clave: bioenergía, biomasa, cultivos bioenergéticos

SUMMARY

Based on the spatial analysis done for the province of Chubut with the WISDOM methodology (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*), the accessible offer of biomass was evaluated by resource for each department. The results show that native woods contribute with most of the biomass available for power generation with a low contribution of forest crops. Departments where the consumption of biomass is greater than the supply show a great potential for the implementation of bioenergy crops.

Key words: bioenergy, biomass, bioenergy crops

Lucas Gallo Mendoza

Ing. Agron. Profesional de gestión externa. INTA EEA Esquel. 4 Chacabuco 513, Esquel, Chubut; gallomendoza.lucas@inta.gob.ar

Axel Von Müller

Doctor en Ciencias Biológicas. Profesional de gestión externa. INTA EEA Esquel, Chacabuco 513, Esquel, Chubut; vonmuller.axel@inta.gob.ar

Mariana Liberman

Licenciada en Geología, Profesora Jefa de Trabajos Prácticos, ICPA-UNTDF Walanika 250, 1º Piso, oficina 18, Ushuaia, Tierra del Fuego; mliberman@untdf.edu.ar

Marcos Rodriguez

Estudiante de Licenciatura en Geología, ICPA-UNTDF Walanika 250. 1º Piso, oficina 18, Ushuaia, Tierra del Fuego; mrodriguez@untdf.edu.ar

María I. Bai

Ing. Agr. Profesional de gestión externa, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew; bai.maría@inta.gob.ar

César Sanz

Ing. Agr. Profesional de gestión externa, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew; sanz.cesar@inta.gob.ar

Eduardo Matinata

Ing. Agr. Profesional de gestión externa, INTA EEA Chubut, 25 de mayo 2870, Trelew; matinata.eduardo@inta.gob.ar

Damián Sotto

Ing. Forestal, CORFO Mariano Moreno y Luis Costa, Rawson, Chubut; sotto.a.d@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica y térmica puede generarse a partir de distintas materias primas, las cuales se clasifican según su origen, en renovables o no renovables. En la actualidad la fuente energética de mayor importancia a nivel mundial corresponde a materiales no renovables como son los combustibles fósiles (SAIDUR *et al.*, 2011). La segunda fuente de importancia está dada por distintas materias primas renovables siendo una de ellas la biomasa. Se define a la biomasa como la materia prima cuyo origen es biológico, ya sea vivo o muerto (no abarcando las materias primas de origen fósil por ser no renovables). La biomasa puede provenir tanto de residuos de origen vegetal o animal como de la cosecha de cultivos implantados con fines energéticos o de la recolección a campo de especies nativas leñateras (CARDOSO *et al.*, 2012; FAO, 2020).

Con el fin de conocer y determinar cuáles son las fuentes de biomasa disponibles en Argentina para la generación de energía renovable, la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) ha realizado en el 2008 el “*Ánálisis del Balance de Energía derivada de Biomasa*” (FAO, 2009). En una segunda etapa se comenzó con el análisis a escala provincial, siendo las provincias evaluadas: Misiones, Santa Fe, Chaco, Corrientes, Córdoba, Mendoza, La Pampa, Salta, Tucumán, (FAO, 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c), entre los cuales se encuentra el análisis realizado para la provincia del Chubut (FAO, 2020). La metodología utilizada en cada uno de los análisis, tanto a nivel nacional como provincial, ha sido la misma. Se la denomina WISDOM (*Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping*) y consiste en integrar la información estadística y espacial, relacionando la disponibilidad (oferta) con el consumo (demanda) de biomasa con el fin de obtener un balance que permita conocer cuáles son las regiones superavitarias y deficitarias (DRIGO *et al.*, 2002 FAO, 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c; 2009). Los primeros trabajos realizados con esta metodología incluían como fuente de biomasa a la materia prima proveniente de dendrocombustibles (DRIGO *et al.*, 2002). Posteriormente se incluyen como otras fuentes de oferta a aquellas que se originan a partir de residuos de la producción agrícola, pecuaria y agroindustrial (FAO, 2016a). En

el primer WISDOM provincial (FAO, 2016c) se incorpora el módulo de oferta de biomasa húmeda, a partir de los residuos generados en las producciones pecuarias (feedlots, tambos y porcinos). En el WISDOM Chubut, se incorpora por primera vez, dentro del mismo módulo, a los residuos sólidos urbanos como fuente de biomasa (FAO, 2020).

El módulo de oferta incluyó no sólo las distintas fuentes de biomasa identificadas en cada una de las provincias a nivel espacial sino también la disponibilidad de la misma en función de su accesibilidad. Es por ello que en los WISDOM provinciales se observa una subdivisión del módulo en cuatro categorías: oferta directa, oferta indirecta, oferta total accesible y oferta húmeda (FAO, 2020; 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c; 2009). La oferta directa se define como la biomasa que se encuentra disponible para usos energéticos en el campo (FAO, 2016a). Dicha característica hace que su ubicación en el espacio sea dispersa a nivel territorial. En el análisis de la provincia del Chubut se identificaron cuatro grupos como oferta directa de biomasa: 1) Bosque Nativo, 2) residuos de cultivos forestales, 3) residuos y apeo de cortinas forestales y 4) residuos de cultivos frutihortícolas. La oferta indirecta se caracteriza por estar concentrada en el espacio dado que en los primeros análisis se identificaba como tal a los residuos provenientes de procesos industriales o de la transformación de la biomasa (FAO, 2009). Para el cálculo de la oferta total accesible de biomasa se sumaron los valores obtenidos tanto de la oferta directa como de la oferta indirecta, con la salvedad que para el cálculo de la primera se tuvieron en cuenta las restricciones legales y físicas (FAO, 2020) ya que otra de las diferencias entre la oferta directa y la indirecta se centra en la accesibilidad de la biomasa. Al estar la primera dispersa en el territorio es necesario contabilizar la accesibilidad de la misma. Para el caso de la oferta indirecta, por estar concentrada en el espacio se considera que se encuentra 100% accesible (FAO, 2020).

Surge del análisis realizado para la provincia del Chubut que la fuente con mayor aporte en la oferta directa de biomasa es el bosque nativo (95,51% del total provincial) seguido por los residuos provenientes de cultivos forestales y cortinas rompeviento (4,33%; FAO, 2020). Chubut está dividida en distintas provincias fitogeográficas, en las cuales se observan unidades disímiles de vegetación (OYARZABAL *et al.*, 2018). Dichas diferencias se ven reflejadas en los resultados del análisis del balance energético ya

Marcelo Carpat

Ingeniero, Director de Planeamiento, Administración de Vialidad Provincial. Love Jones Parry 533, Rawson, Chubut; mgcapart@yahoo.com.ar

Cecilia Crespo

Tec. en SIG, Administración de Vialidad Provincial. Love Jones Parry 533, Rawson, Chubut; cecilia.crespo@gmail.com

Adrián Contreras

Ing. Hidráulico, Gerente, Compañía de Riego del VIRCh, Av. E. Tello 762 Gaiman, Chubut; driancontreras@yahoo.com

Pedro Tagliabue

Tec. Compañía de Riego del VIRCh, Av. E. Tello 762 Gaiman, Chubut; tagliabuep@gmail.com

Fernando Pegoraro

M.Sc., Coordinador de la Unidad Técnica Provincial GIRSU, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Hipólito Irigoyen 42, Rawson, Chubut; girsuchubut@hotmail.com

Matías Ramírez

Licenciado en Química y Tecnología Ambiental, Inspector Ambiental, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Hipólito Irigoyen 42, Rawson, Chubut; matu17.02@gmail.com

Mariana Gigena

Licenciada en Protección y Saneamiento Ambiental. Inspector Ambiental, Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable, Hipólito Irigoyen 42, Rawson, Chubut.

que la biomasa proveniente del Bosque Nativo se ha identificado solamente en la provincia fitogeográfica Subantártica siendo ésta la provincia que presenta menor superficie a nivel regional (OYARZABAL *et al.*, 2018). El WISDOM Chubut describe el volumen de biomasa accesible en toneladas por año a nivel departamental sin discriminar por fuente (FAO, 2020). Dada la marcada dispersión de los recursos biomásicos observados en el análisis, para el presente trabajo se propone evaluar las fuentes de oferta directa accesible a nivel departamental y a partir de su relación con la demanda, determinar el superávit o déficit de cada departamento de la provincia del Chubut, donde la hipótesis de trabajo ha sido la existencia de algunos departamentos con demandas inferiores a la oferta directa accesible y otros con demandas superiores a la oferta directa accesible. En función de estos resultados, se propondrán actividades que promuevan el incremento del volumen de la biomasa, siendo que la metodología WISDOM brinda información para facilitar la formulación de políticas públicas que promuevan el uso de recursos biomásicos para la generación de energía renovable (FAO, 2020).

a medida que las mismas atraviesan el resto de la provincia de oeste a este (PARUELO *et al.*, 1998; LEÓN *et al.*, 1998). Las unidades de vegetación que se observan en la provincia están en estrecha relación con las variables climáticas descriptas. Por ejemplo, en las regiones de mayor precipitación se observa el Bosque Andino-Patagónico y en las regiones de menores precipitaciones, las unidades observadas se encuentran dentro de las provincias fitogeográficas del Monte y Patagónica. El agua disponible afecta tanto la cobertura como la distribución de las especies a nivel regional (PARUELO *et al.*, 1998) lo cual marca una diferencia entre departamentos donde en dos de los departamentos ubicados en la región cordillerana, la concentración de biomasa disponible para usos energéticos es mayor en comparación con el resto de los departamentos en los cuales se observa una baja concentración y mayor dispersión (FAO, 2020). La vegetación presente en la provincia del Chubut ha sido descripta a través de estudios de flora, los cuales han identificado cinco grupos con características propias desde el punto de vista fitogeográfico. A cada uno de los grupos se los denomina “provincias fitogeográficas” o “ecotonos” (LEÓN *et al.*, 1998) incluyendo a su vez (en cada una de las provincias y ecosistemas) distintas unidades de vegetación las cuales presentan características propias (OYARZABAL *et al.*, 2018). Según OYARZABAL *et al.*, (2018) en total se identificaron 10 unidades de vegetación las cuales se describen a continuación para cada una de las provincias fitogeográficas y ecosistemas que las abarcan: 1) *Provincia fitogeográfica del Monte*: se observa la presencia de especies xerofíticas, correspondientes a la familia Zygophyllaceas y al género *Larrea* (LEÓN *et al.*, 1998; OYARZABAL *et al.*, 2018). La unidad de vegetación presente en Chubut es la estepa de Zygophyllaceas de baja cobertura o Monte Austral o típico (OYARZABAL *et al.*, 2018) donde se observa el género antes nombrado en conjunto con otros géneros como *Lycium* y *Prosopis*. Para este último género cabe destacar la presencia de *Prosopis alpataco* y *Prosopis denudans* ya que ambas especies se caracterizan por ser leñateras y utilizadas por los pobladores para la generación de energía térmica con el fin de calefaccionar sus hogares y cocinar sus alimentos. Otra especie presente en la unidad es el *Schinus johnstonii* el cual está siendo evaluado en la actualidad como una nativa con potencial bioenergético para el desarrollo de un cultivo desti-

MATERIALES Y MÉTODOS**Caracterización de las áreas agroecológicas de la provincia del Chubut**

La provincia del Chubut se encuentra en la región patagónica, en la República Argentina, limitando al norte con la provincia de Río Negro, al sur con la provincia de Santa Cruz, al oeste con la República de Chile y al este con el océano Atlántico. Está dividida en 15 departamentos los cuales están agrupados, a su vez, en cuatro comarcas: Comarca de los Andes, Comarca Meseta Central, Comarca VIRCh-Valdés, y la Comarca Senguer-Golfo San Jorge. El clima de la provincia se caracteriza por ser templado frío con vientos frecuentemente fuertes y predominantes del sector oeste (PARUELO *et al.*, 1998; LEÓN *et al.*, 1998). Las precipitaciones son estacionales en la región como consecuencia de una combinación de eventos, los cuales se producen durante el período invernal (PARUELO *et al.*, 1998). A su vez la distribución de las mismas se ve afectada por la barrera orográfica de los Andes ya que la humedad que contiene las masas húmedas provenientes del oeste descargan una media anual de 2.000 mm en la región cordillerana ubicada en las comarcas de los Andes y del Río Senguer-Golfo San Jorge y un promedio de 200 mm anuales

José Bava

Doctor, Coordinador de Área, CIEFAP; Ruta 259 Km 16,24, CC 14, Esquel, Chubut;
bava.jose@inta.gob.ar

Fernando De Lillo

Ing. Agron. Profesional, Dirección de Promoción Agropecuaria, Municipalidad de Trelew, Rivadavia 390, Trelew, Chubut;
fernandocristiandelillo@gmail.com

Lucas Cabrera

Ing. Agron. Profesional, Subprograma de Desarrollo e Innovación Productiva, Municipalidad de Trelew, Rivadavia 390, Trelew, Chubut;
abancabralucas@gmail.com

Ana L. Ardiles

Licenciada, Directora de Producción e Industria, Municipalidad de Gaiman, Plaza Julio A. Roca S/N, Gaiman, Chubut;
algardiles@gmail.com

Paola Marino

Licenciada, Directora de Control Ambiental, Municipalidad de Puerto Madryn, Belgrano 260, Puerto Madryn, Chubut;
Paolamarino81@gmail.com

nado a la producción de biomasa de origen local, el cual se caracterizará por su bajo requerimiento hídrico y de nutrientes (PALOMEQUE, 2018). 2) *Ecotono Fitogeográfico Monte-Patagonia*: los límites de las provincias fitogeográficas no son marcados sino difusos, existiendo una transición entre una provincia y otra aledaña. A dichas transiciones se las denomina ecotonos. Entre la provincia fitogeográfica del Monte y la Patagónica se encuentra el ecotono Monte-Patagonia (LEÓN *et al.*, 1998; OYARZABAL *et al.*, 2018). La unidad de vegetación es la “estepa arbustiva ecotonal con *Chuquiraga avellaneda*-ecotono de la Península Valdés” (OYARZABAL *et al.*, 2018) con presencia de especies con potencial bioenergético como son *Lycium chilense* y *Schinus polygamus*. 3) *Provincia Fitogeográfica Patagónica*: agrupa unidades de vegetación de la estepa diferenciándose cada unidad en la proporción de arbustos o gramíneas que la componen. Las unidades observadas en la provincia del Chubut son seis y corresponden de este a oeste a: a) “Estepa arbustiva con *Chuquiraga avellaneda*-Distrito Central” (OYARZABAL *et al.*, 2018), en la cual dominan también especies con potencial bioenergético como son *Lycium chilense*, *Prosopis denudans* y *Schinus polygamus*; b) “Estepa arbustiva alta y graminoso arbustiva-Distrito del Golfo San Jorge” en la cual una de las especies dominantes es *Grindelia chiloensis*, una especie con potencial bioenergético; c) “Estepa arbustivo graminosa-Distrito Occidental” (OYARZABAL *et al.*, 2018), donde dominan un grupo de gramíneas y arbustos entre los cuales suele ser abundante *Grindelia*; d) “Estepa arbustiva baja-Distrito Central; Erial” (OYARZABAL *et al.*, 2018), caracterizada por la presencia de arbustos en cojín de baja cobertura de suelo. Entre las especies dominantes se observan especies con potencial bioenergético como son *Prosopis denudans* y *Lycium chilense*; e) “Estepa arbustiva serrana con *Colliguaja integrifolia*-Distrito Central; Estepa arbustiva serrana-” (OYARZABAL *et al.*, 2018), dicha unidad de vegetación se encuentra en la región serrana de Chubut donde dominan entre otras especies dos con potencial bioenergético como son *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*; f) “Estepa graminosa de *Festuca pallens*-Distrito Subandino; Estepa de coirón blanco-” (OYARZABAL *et al.*, 2018). 4) *Provincia Fitogeográfica Subantártica*: se caracteriza por ser una provincia estrecha, cuya unidad de vegetación en Chubut es el “Bosque caducifolio de *Nothofagus* spp y

Selva pluvial templada (Bosque Andino-Patagónico)” (OYARZABAL *et al.*, 2018), con dominio de las especies *Nothofagus pumilio* y *Nothofagus antartica*. 5) *Provincia Fitogeográfica Altoandina*: solo una unidad de vegetación se describe para esta provincia la cual se denomina “Estepa baja de *Senecio algens* y *Oxalis compacta*-Provincia Altoandina” (OYARZABAL *et al.*, 2018).

Unidad de análisis y sistema de coordenadas

La metodología WISDOM consiste en integrar tanto la información estadística como la espacial, la cual se relaciona con la disponibilidad (oferta), los medios (accesibilidad física y legal) y el consumo (demanda) de biomasa (FAO, 2020; 2019; 2018a; 2018b; 2018c; 2017a; 2017b; 2016a; 2016b; 2016c; 2009). La resolución espacial (píxel) utilizada es de 40 metros y la unidad de análisis corresponde a los límites departamentales, construidos a partir de los límites de radios censales resultantes de la cartografía del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (INDEC, 2010). El procesamiento de los datos se realizó en el sistema de coordenadas Gauss-Krüger Faja 2, POSGAR 98, Datum WGS84. Los datos estadísticos y la información relevada en campo fueron digitalizados utilizando el programa de código abierto denominado QGIS. Asimismo, se recurrió a herramientas del QGIS para convertir a rásster toda la información vectorial existente y creada en el presente trabajo y generar las salidas cartográficas que se exponen en los resultados. Los modelos de análisis espacial integrado de la información se realizaron con el programa de código abierto Dinamica EGO.

Oferta Directa

El presente trabajo considera solamente la oferta directa accesible, analizando en particular el aporte a escala departamental de cada una de las fuentes identificadas en dicho módulo para la provincia del Chubut. En FAO (2020) se reportan 7 fuentes de residuos biomásicos. El presente análisis agrupa en 4 categorías las fuentes de oferta directa accesible de biomasa (Tabla 1): bosque nativo, cultivos forestales (incluye residuos de plantaciones forestales y macizos de salicáceas), cortinas forestales (abarcá residuos de poda de cortinas y apeo en canales de riego) y cultivos frutihortícolas (agrupa residuos de poda de cereza y del cultivo de tomate).

Accesibilidad

El análisis de accesibilidad fue realizado a partir de las limitantes físicas y lega-

les. Las primeras consideran un modelo de pendientes del terreno, tipo de vialidad y zonas urbanas (ejidos y asentamientos). La accesibilidad legal corresponde a limitar la utilización de residuos biomásicos en áreas naturales protegidas y sectores cordilleranos según la clasificación del ordenamiento territorial de bosque nativo (OTBN). Una descripción completa de la metodología y los insumos utilizados para el procesamiento de los datos se presentan en FAO (2020).

Cálculo de superávit y déficit por departamento

La oferta directa accesible se obtiene a partir de multiplicar los rásters de cada uno de los 4 grupos de fuentes de residuos biomásicos descriptos anteriormente, por el ráster de accesibilidad total (física y legal). Posteriormente, se utiliza una herramienta del QGIS para realizar la sumatoria del residuo biomásico por departamento. Con la misma herramienta se calcula la demanda total por departamento. Los valores de demanda se restan a los de oferta directa accesible para obtener el balance, a partir del cual, se definen los departamentos con superávit y con déficit, en función de los porcentajes de exceso de oferta o demanda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La provincia del Chubut cuenta con una oferta total de biomasa para la generación de energía térmica o eléctrica de 121.951,50 toneladas por año según el reporte del WISDOM Chubut (FAO, 2020) donde el 84,91% corresponde a oferta directa accesible. Las cuatro fuentes de biomasa identificadas provienen de: a) el incremento medio anual del Bosque Nativo; b) los residuos y el apeo de los cultivos forestales; c) la poda de cortinas rompeviento y apeo en canales de riego y d) los residuos de cultivos frutihortícolas (Tabla 1 y Figura 1). Cuando se evalúa la oferta directa accesible, el aporte del Bosque Nativo es del 78% y el de los cultivos forestales y cortinas rompeviento del 21% del total provincial. El resultado del análisis a nivel departamental muestra que 5 departamentos ubicados en la región cordillerana (Cushamen, Futaleufú, Languïñe, Río Senguer y Tehuelches) aportan el 100% de la biomasa proveniente del Bosque Nativo. A nivel provincial el departamento con mayor contribución total es Futaleufú, en el cual se encuentra un 32,89% de la oferta directa accesible. A nivel departamental son dos las fuentes mayoritarias para dicho departamento, donde el Bosque Nativo contribuye con un 91% y los cultivos forestales un 8,51% (Tabla 1 y Figura 1). El segundo departamento con mayor disponibilidad es Cushamen con un 27,53% de oferta directa disponible a nivel provincial. Las fuentes con mayor disponibilidad son las mismas que para el departamento de Futaleufú diferenciándose en el aporte relativo de cada una (46,82% y 52,27% respectivamente). El tercer departamento con mayor disponibilidad a nivel provincial es Tehuelches con un 19,64% de oferta directa accesible siendo las fuentes identificadas y los porcentajes de contribución equivalentes al departamento de Futaleufú.

En los departamentos de la Costa y de la Meseta Central la superficie registrada de cultivos forestales es nula o menor al 5%. Dos departamentos (Gaiman y Raw-

son) tienen una oferta directa accesible proveniente de residuos de cultivos frutihortícolas, dado por la presencia del Valle Inferior del Río Chubut (VIRCh), el cual es uno de los valles más productivos de la provincia (Figura 1). En el departamento de Gaiman tanto el cultivo de cereza como el de tomate (FAO, 2020) aportan biomasa de restos de cosecha equivalente al 55,89% del total departamental siendo la segunda fuente de oferta directa accesible las cortinas forestales, con un 42,33% (Tabla 1). Para los departamentos de Biedma, Escalante, Gastre, Sarmiento y Telsen el aporte de los residuos proveniente de las cortinas forestales es de un 100%, con un nulo aporte de cultivos forestales (a excepción de Sarmiento en el cual se observa un 1%). De los resultados se desprende que tanto para los departamentos ubicados en la Meseta Central como así también para los costeros el incremento de la producción de biomasa debería darse a través de la implantación de especies con potencial energético y/o forestal. A su vez, el incremento de la superficie implantada con cortinas rompeviento no solo brindaría los servicios ecosistémicos de protección de cultivos, reparo de animales, entre otros, sino también biomasa disponible para la generación de energía térmica. En cuanto al incremento de biomasa a través de la implantación de bosques energéticos, siendo que en las unidades de vegetación incluidas en las dos provincias fitogeográficas ubicadas en esta región se observan especies dominantes con potencial bioenergético (*Prosopis denudans*, *Prosopis alpataco*, *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*), el desarrollo de cultivos energéticos adaptados a las condiciones agroecológicas de la región, a partir de dichas especies, permitirá a mediano plazo incrementar la superficie forestada para la producción local de biomasa. El incremento en la producción cubrirá, en parte, las necesidades básicas, hoy insatisfechas, de energía térmica. Según lo reportado en el WISDOM Chubut (FAO, 2020) tres departamentos (Paso de Indios, Mártires y Florentino Ameghino) no cuentan con biomasa disponible para la generación de bioenergía. El nulo porcentaje de disponibilidad está dado, en el informe, por la falta de datos oficiales y no necesariamente por la falta de oferta. Fomentar el registro de fuentes brindará la posibilidad de diseñar estrategias para el incremento en la producción de biomasa (FAO, 2020).

En el presente trabajo, a diferencia del WISDOM Chubut (FAO, 2020), se realizó un análisis de la demanda en relación a la oferta directa accesible a fin de determinar el superávit o déficit de fuentes de residuo biomásico a escala departamental (Tabla 2 y Figura 2). Los resultados muestran que el 47% de los departamentos (Cushamen, Futaleufú, Gaiman, Languïñe, Río Senguer, Sarmiento y Tehuelches) presentan superávit; las distintas fuentes identificadas como oferta directa accesible no solo suplen la demanda de biomasa para la generación de energía renovable sino que a su vez cuentan con la capacidad de reemplazar las materias primas de origen no renovable y cubrir, en parte, la demanda insatisfecha de otros departamentos. Por otra parte, el 53% de los departamentos (Biedma, Escalante, F. Ameghino, Gastre, Mártires, Paso de Indios, Rawson y Telsen) se caracterizan por tener un déficit de biomasa proveniente de las mismas fuentes, donde en promedio, la demanda insatisfecha asciende al 85,03% (Tabla 2).

Tabla 1: Oferta directa accesible por fuente identificada en la provincia del Chubut a nivel departamental.
Table 1: Accessible direct supply by identified source at departmental level for the province of Chubut.

Departamentos	Porcentaje de residuo biomásico por fuente identificada			
	Bosque Nativo	Cultivos frutihortícolas	Cortinas forestales	Cultivos forestales
Biedma	0,00	0,00	100,00	0,00
Cushamen	46,82	0,00	0,91	52,27
Escalante	0,00	0,00	100,00	0,00
Florentino Ameghino	0,00	0,00	0,00	0,00
Futaleufú	91,00	0,00	0,48	8,52
Gaiman	0,00	55,89	42,33	1,77
Gastre	0,00	0,00	100,00	0,00
Languinéo	88,50	0,00	0,50	11,00
Mártires	0,00	0,00	0,00	0,00
Paso de los Indios	0,00	0,00	0,00	0,00
Rawson	0,00	33,63	63,19	3,19
Río Senguer	98,19	0,00	1,63	0,18
Sarmiento	0,00	0,00	98,94	1,06
Tehuelches	96,37	0,00	0,02	3,62
Telsen	0,00	0,00	100,00	0,00

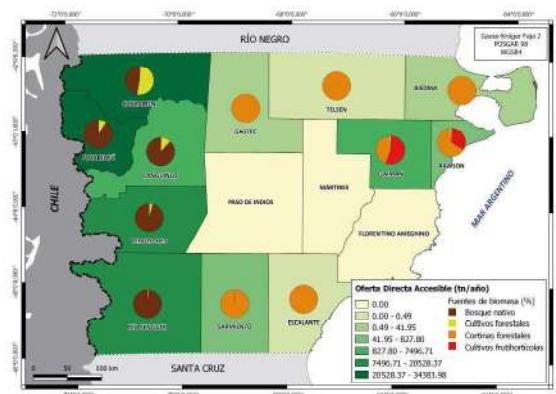


Figura 1: Oferta directa accesible a nivel departamental en la provincia del Chubut.

Figure 1: Accessible direct supply at departmental level for the province of Chubut.

Tabla 2: Departamentos con superávit (oferta en exceso) y déficit (demanda en exceso).
Table 2: Departments with surplus (excess of supply) and deficit (excess of demand).

Departamentos	Oferta directa accesible - demanda tn/año	Demanda abastecida por oferta directa accesible %	Superávit (oferta en exceso) %	Déficit (demanda en exceso) %
Biedma	-182,05	18,73		81,27
Cushamen	24283,97		86,74	
Escalante	-791,51	0,06		99,94
Florentino Ameghino	-60,00	0,00		100,00
Futaleufú	31872,56		93,03	
Gaiman	1614,84		86,32	
Gastre	-765,98	1,80		98,20
Languinéo	6032,21		80,95	
Mártires	-140,00	0,00		100,00
Paso de Indios	-476,00	0,00		100,00
Rawson	-7,20	99,14		0,86
Río Senguer	8257,89		82,41	
Sarmiento	352,92		61,17	
Tehuelches	19586,62		95,61	
Telsen	-543,81	0,03		99,97

Archivar WinFile

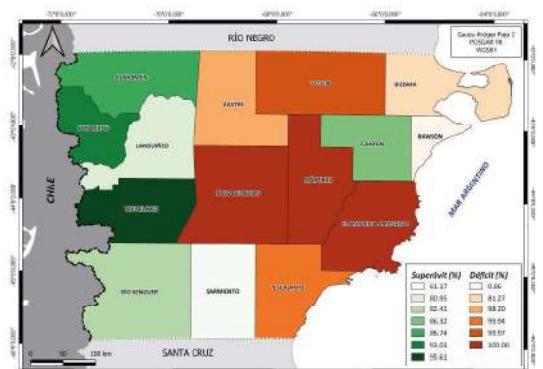


Figura 2: Departamentos con superávit (%) y déficit (%) en la provincia del Chubut.

Figure 2: Departments with surpluss (%) and deficit (%) for the Chubut province.

CONCLUSIÓN

El recurso biomásico con mayor contribución en la provincia del Chubut es el Bosque Nativo siendo los cultivos implantados los que presentan menor contribución a nivel departamental, a excepción del departamento de Cushamen. La provincia fitogeográfica que aporta dicha fuente se caracteriza por ser la de menor superficie por lo cual, incrementar la superficie implantada permitirá contar con un volumen mayor de biomasa al utilizable en la actualidad. Tanto los departamentos ubicados en la cordillera como los de Biedma, Gastre, Rawson, Paso de Indios y Telsen cuentan con potencial para la implantación de cultivos energéticos, los cuales suplirían, en parte, la actual demanda insatisfecha de biomasa para la generación de energía térmica. La superficie destinada a cultivos bionerregéticos adaptados a las condiciones de baja disponibilidad hídrica y de nutrientes pondrá en valor suelos que hoy no son aptos para la agricultura, evitando la competencia de dichos cultivos con aquellos destinados para la producción de alimentos. Fomentar la implantación de cortinas forestales y de cultivos para la producción de biomasa permitirá, a mediano plazo, contar con las fuentes necesarias para cubrir los requerimientos en cada uno de los departamentos analizados.

BIBLIOGRAFÍA

CARDOSO, M. B., Ladio, A.H. y Lozada, M. 2012. The use of firewood in a Mapuche community in a semi-arid region of Patagonia, Argentina. *Biomass and Bioenergy* 46: 155-164.

DRIGO R., Masera O.R. y Trossero, M.A. 2002. WISDOM: una representación cartográfica de la oferta y la demanda de combustibles leñosos. *Unasylva* 211, Vol 53 p: 36-40.

FAO. 2020. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa - Metodología WISDOM - Provincia del Chubut. Colección Documentos Técnicos Nº. 12. Buenos Aires. <https://doi.org/10.4060/cb0716es>

FAO. 2019. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Misiones. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/DT13-WISDOM-Misiones-19-09-16.pdf)

FAO. 2018a. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Santa Fe. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_SantaFe_interior-web.pdf)

FAO. 2018b. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Chaco. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Chaco.pdf)

FAO. 2018c. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Corrientes. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Corrientes_11-7.pdf)

FAO. 2017a. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Córdoba. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Cordoba_FAO-Final%20170904.pdf)

FAO. 2017b. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Mendoza. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Mendoza_FAO-%20Final%20170904.pdf)

FAO. 2016a. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de La Pampa. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_laPampa_baja.pdf)

FAO. 2016b. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Salta. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Salta_baja.pdf)

FAO. 2016c. Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM Provincia de Tucumán. Buenos Aires. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)-FAO. (disponible en http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/WISDOM_Tucuman_baja.pdf)

FAO. 2009. Análisis del Balance de Energía derivada de Biomasa en Argentina –WISDOM Argentina. Informe final Buenos Aires.

INDEC. 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Ministerio de Economía. Buenos Aires, Argentina.

LEÓN, R. J., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J.

and Soriano, A. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8:123-141.

OYARZABAL, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo H., Aragon, R., Campanello. P-. Prado, D., Oesterheld, M. y León R. 2018. Unidades de vegetación dela Argentina. *Ecología Austral* 28:040-063

PALOMEQUE, L. 2018. Desarrollo de cultivos bioenergéticos a partir de flora nativa. *Restauración Ecológica en la Diagonal Arida de la Argentina* 3. Ed. Paletó Massara V. et al, Guaymallén. 372 p.

PARUELO, J., Beltrán, A., Jobbagy, E., Sala, O. and Golluscio. R. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8:85-101

SAIDUR, R., Rahim, N., Islam, M. and Solangi, K. 2011. Environmental Impact of Wind Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 2423-2430.

PRODUCTIVIDAD DURANTE COSECHA DE VAINAS DE ALGARROBO BLANCO. CASO DE ESTUDIO: COLONIA EL SIMBOLAR, DEPARTAMENTO ROBLES, PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO, ARGENTINA.

WHITE CAROB PODS PRODUCTIVITY WHILE HARVESTING. CASE STUDY: COLONIA EL SIMBOLAR, ROBLES DEPARTMENT, SANTIAGO DEL ESTERO PROVINCE, ARGENTINA.

Fecha de Recepción: 03/04/2020 // Fecha de Aceptación: 11/12/2020

García Jorge

Ing. Ftal. Becario CONICET. Cátedra de Economía y Administración Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

jorgegarcia5439@gmail.com

Cardona Gabriela

Cardona Gabriela. Dr. Cs. Ftles. Cátedra de Economía y Administración Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

cardona@unse.edu.ar

Sánchez Ugalde Rocío

Sánchez Ugalde Rocío. Lic. Econ. Cátedra de Economía y Administración Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

rociosug@gmail.com

RESUMEN

El género *Prosopis* spp es considerado un importante recurso alimenticio humano y animal aportado por sus vainas en regiones de condiciones áridas y semiáridas del mundo. Argentina ha sido identificada como el centro de diversidad de este género, particularmente en la región Chaqueña. Este trabajo pretende hacer algunos aportes respecto a la productividad en la cosecha de vainas de algarrobo y analizar la venta de frutos en el mercado local. Para ello se analizan cosechas en plantaciones y en unidades económicas familiares ubicadas en la localidad de Colonia El Simbolar de la provincia de Santiago del Estero, localidad donde se concentra la mayor cantidad de plantaciones de algarrobo blanco en la provincia. Actualmente en la actividad de cosecha del fruto del algarrobo participa toda la familia, principalmente los niños y mujeres. El pago a los recolectores es a destajo, es decir, se paga por kilogramo recolectado y generalmente se lo hace de manera informal. La productividad de cosecha en bosques puros de algarrobo oscila entre 7-16 kg/hombre y el rendimiento por árbol varía entre 7-11 kg/árbol. Mientras que la productividad de cosecha en unidades económicas familiares varía entre 10-18 kg/hombre y el rendimiento por árbol fluctúa entre 11-15 kg/árbol. Teniendo en cuenta el aporte medio de vainas por árbol en plantaciones puras de algarrobo, y con una proyección de rendimiento por hectárea del 50% de la densidad total de árboles, se puede estimar un rendimiento de frutos en un valor de 2.777 kg/ha (8.9 kg x 312 árboles). Considerando los ingresos y egresos en la actividad, se estima una ganancia neta por hectárea para el acopiador de estos frutos de \$5.554.

Palabras clave: Cosecha de vainas; Algarrobo blanco; Productividad, Ganancia Neta.

SUMMARY

The genus *Prosopis* spp is considered an important human and animal food resource provided by its pods in arid and semi-arid regions in the world. Argentina has been identified as the center of diversity of this genre, particularly in the Chaqueña region. This work aims to make some contributions in productivity terms of the carob pod harvest and analyze the sale of fruits in the local market. For this, crops are analyzed in plantations and in family economic units located in the town of Colonia El Simbolar in the province of Santiago del Estero, town where most of the white carob plantations are concentrated. Currently, by harvesting the carob tree fruit, the whole family takes part, mainly children and women. Payment for collectors is piece-rate, that is, it is paid per kilogram collected and it is generally done informally. Harvest productivity in pure carob forests ranges from 7-16 kg / h / man and the yield per tree varies between 7-11 kg / tree. However, the harvest productivity in family economic units varies between 10-18 kg / h / man and the yield per tree fluctuates between 11-15 kg / tree. Taking into account the average contribution of pods per tree in pure carob plantations, and with a projection of yield per hectare of 50% of the total density of trees, a fruit yield of 2777 kg / ha can be estimated (8.9 kg x 312 trees). Considering the income and expenses in the activity, it is estimated a net profit per hectare of \$ 5.554. for the stockholder of these fruits.

Key words: Harvest of pods; White carob; Productivity; Net Profit.

INTRODUCCIÓN

Las vainas de algarrobo son uno de los alimentos más reconocidos y usados en la gastronomía de nuestros antepasados. Actualmente se volvió a dar una gran importancia a este alimento regional provisto desde el monte santiagueño debido a sus valores y aportes nutricionales (TASO, 2020). Una costumbre muy popular en el noroeste argentino es la “Algarrobeada”, práctica que consiste en cosechar en forma colectiva la chaucha (algarroba) durante la estación estival (GORDILLO, 2006). GRADOS y CRUZ (1996) señalan que la recolección de vainas de algarroba es comúnmente realizada por niños y mujeres como una actividad paralela a sus tareas agrícolas.

La planificación previa de las actividades de recolección de frutos es esencial para asegurar que las operaciones se efectúen con la mayor rapidez posible. Asimismo, la cosecha de semillas es una etapa clave, que puede determinar los resultados de toda la cadena de producción forestal (VARELA y APARICIO, 2011).

El género *Prosopis* spp es considerado un importante recurso alimenticio humano y animal en regiones de condiciones áridas y semiáridas del mundo. Argentina ha sido identificada como el centro de diversidad de este género, revelando un amplio uso en la alimentación humana, animal, y como combustible (FELKER y BANDURSKI, 1979, citado por SILVA, 2000). SARMIENTO (2017) expresa que la producción de los frutos es constante mientras existan masas boscosas en pie y que la demanda de los bienes está asegurada por cuestiones socioculturales.

Actualmente, el algarrobo blanco es la principal especie nativa promocionada para realizar plantaciones comerciales en la región del Parque Chaqueño, en el marco de la Ley Nacional 25.080/99 (CORONEL DE RENOLFI y GÓMEZ, 2014). Los mismos autores sostienen que el cálculo de costos en las actividades forestales exige disponer previamente de datos técnicos de tiempos operativos y rendimiento de las diferentes operaciones.

A pesar de que existen algunas investigaciones sobre costos de tareas silvícolas en plantaciones de algarrobo blanco, poco se sabe aún de los ingresos monetarios que pudiese generar la misma por venta de sus productos. El creciente interés sobre las propiedades de la algarroba en estos últimos tiempos, ha acentuado la necesidad de conocer la productividad de esta especie y la renta que podría generar a propietarios de bosques con algarrobo.

Relativamente pocos estudios han abordado sobre aspectos económicos de rentabilidad generadas por plantaciones de algarrobo blanco en el Parque Chaqueño. La información obtenida de esta investigación permitirá contar con elementos que orienten a los productores en la gestión de sus masas forestales durante la época de cosecha de frutos.

El presente estudio se centra en la localidad de Colonia El Simbolar, sitio en el cual se concentra la mayor cantidad de plantaciones de algarrobo blanco en la provincia. En la actualidad son ocho mil personas, aproximadamente, las que viven en Colonia El Simbolar, con altos índices de pobreza (ARCE *et al.*, 2014).

Según Coronel de RENOLFI (2014), la productividad incumbe a la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo. El presente trabajo se refiere a la productividad horaria de la tarea de cosecha de vainas y a la productividad de frutos por árbol.

El propósito de esta investigación es efectuar una estimación cuantitativa de rendimientos de frutos de plantaciones de *Prosopis alba* y determinar posibles ingresos económicos por la venta de vainas.

Como antecedentes locales sobre análisis económico de cosecha de vainas, cabe destacar el estudio realizado por EWENS y FELKER (2010). Estos autores demuestran que ensayos de plantaciones experimentales de clones de algarrobo blanco en la localidad de Fernández, departamento Robles, Santiago del Estero, son capaces de producir 5.000 kg de vainas por hectárea. Otros autores como ARCE *et al.*, (2014) estiman un rendimiento que ronda en los 2.000 kg/ha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se enmarcó en la localidad de Colonia El Simbolar, departamento Robles, a 86 km de la ciudad capital de la provincia de Santiago del Estero (Figura 1). La misma se encuentra ubicada dentro de lo que constituye el área de riego de la provincia. Allí se alberga la mayor concentración de plantaciones de *Prosopis alba* que datan del año 2006/2007, considerada polo forestal de plantaciones de algarrobo blanco. La Colonia cuenta con un total aproximado de 900 ha forestadas de casi 100 productores (Arce *et al.*, 2014). En base al último censo poblacional esta localidad alberga a 4.197 habitantes (INDEC 2010).

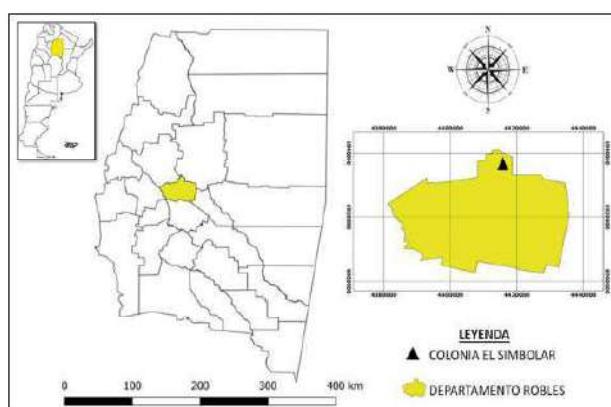


Figura 1. Área de estudio: Colonia El Simbolar, Departamento Robles, provincia de Santiago del Estero, Argentina.

Figure 1. Study area: Colonia El Simbolar, Robles Department, Santiago del Estero province, Argentina.

Metodología

La muestra de estudio fue del tipo intencional en función de las áreas las cuales estaban siendo aprovechadas. Las unidades experimentales fueron 4 lotes con plantaciones puras de algarrobo blanco y 2 lotes donde se ubican unidades económicas familiares con árboles dispersos de algarrobo. En ambos casos se usó la misma cantidad de mano de obra y herramientas.

En una campaña de recolección, se procedió a identificar sitios con individuos con abundantes vainas de algarroba bajo su dosel para su posterior cosecha. La recolección de frutos se llevó a cabo en bolsas de arpillería tipo azucarera y el pesaje de la misma se efectuó en la sala de acopio (Cooperativa Apícola Agrícola Agro Naciente).

Las plantaciones estudiadas tienen una edad de 13 años, con un marco de plantación de 4m x 4m y una densidad de 625pl/ha. Los árboles de las unidades económicas familiares muestreados poseen edad y distribución espacial heterogénea.

Según FELKER *et al.*, (2003) las vainas maduras caen del árbol durante un período de 6 semanas, la cosecha se realiza mediante la recopilación de las vainas del suelo con intervalos semanales a fin de evitar el daño por el gorgojo de la semilla (Coleóptera: Bruchidae). Otros autores como MARTÍNEZ (2015), indica que la recolección de la algarroba se realiza en forma manual desde el suelo durante los meses de diciembre a enero, antes de las primeras lluvias de verano.

En este contexto, la recolección de vainas para este estudio se llevó a cabo de forma manual durante dos jornadas consecutivas a fines del mes de diciembre de 2019.

Registro de Productividad

El registro de tiempos y productividad se efectuó mediante la técnica de observación directa. La medición de tiempos de cosecha fue realizada con cronómetro de precisión durante el lapso de una hora por muestra. El posterior pesaje fue ejecutado con una báscula de piso digital.

La toma directa de datos consistió en observar, describir y medir *in situ* la productividad de trabajo de cosecha, con posterior pesaje de las bolsas (tacos) en el área de acopio.

Para estimar la productividad se relacionó la cantidad de vainas cosechadas por unidad de tiempo (kg/ hora) y cantidad de vainas producidas por árbol (kg/árbol).

Metodología de cosecha

La cuadrilla de cosecha estuvo conformada por tres recolectores. Las herramientas utilizadas para esta labor estuvo limitada solamente a baldes de 10 litros y bolsas de arpillería. Las vainas del suelo, ya maduras, eran recolectadas de manera manual y depositadas en los tachos recolectores. Ocasionalmente, con una caña se movía las ramas de las copas para inducir la caída de los frutos. Una vez que los recipientes estaban llenos, se procedía a depositar la carga en bolsas de arpillería ubicadas en el centro del predio. Finalizada la actividad en el lote, la carga era transportada en la caja de una camioneta hacia la playa de acopio.

El diseño de muestreo en bosques implantados

consistió en tomar datos de dos parcelas de 96 m² (12m x 8m) con un total de 9 árboles cada uno (Figura 2). Mientras que en los predios de las unidades económicas familiares, las muestra comprendió a todos los árboles ubicados en el predio (Figura 3).



Figura 2. Vainas maduras bajo dosel de plantación de algarrobo blanco, marco de plantación 4m x 4m.

Figure 2. Ripe pods under canopy of white carob plantation, planting frame 4m x 4m.



Figura 3. Recolección de vainas en predios de hogares en Colonia el Simbolar.

Figure 3. Collection of pods on the premises of households in Colonia el Simbolar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Productividad y rendimiento

Se evaluó la productividad de cosecha de vainas (kg cosechados/persona/hora) y el rendimiento por árbol (kg de frutos producidos por árbol) tanto en plantaciones puras de algarrobo blanco (Tabla 1) como en predios de hogares (Tabla 2).

Tabla 1. Productividad de cosecha y rendimiento por árbol en plantaciones puras de algarrobo blanco.
Table 1. Harvest productivity and yield per tree in pure white carob plantations.

Productor	Productividad de cosecha (kg/hora/hombre)	Rendimiento por árbol (kg/árbol)
1	16	7
2	7	8,6
3	10	9
4	9	11
PROMEDIO	10,5	8,9

Tabla 2. Productividad de cosecha y rendimiento por árbol en predios de hogares.
Table 2. Harvest productivity and yield per tree on household farms.

Productor	Productividad de cosecha (kg/hora/hombre)	Rendimiento por árbol (kg/árbol)
1	10	15
2	18	11
PROMEDIO	14	13

La productividad de cosecha en bosques puros de algarrobo osciló entre 7-16 kg/h/hombre y el rendimiento por árbol varió entre 7-11 kg/árbol. Mientras que la productividad de cosecha en predios de hogares varió entre 10-18 kg/h/hombre y el rendimiento por árbol fluctuó entre 11-15 kg/árbol.

Teniendo en cuenta el aporte medio de vainas por árbol en plantaciones puras de algarrobo, y con una proyección de rendimiento por ha del 50% de la densidad total de árboles, se pudo estimar un rendimiento de frutos en un valor de 2.777 kg/ha (8,9 kg x 312 árboles).

El volumen de chuchas de algarrobo recogidas en las distintas unidades económicas fue sumamente variable. Sin embargo, el rendimiento, como es de esperar, fue mayor en las unidades económicas familiares, donde, las posibles causas de esta variabilidad pueden ser: el tamaño y edad de los árboles, la distancia a la fuente de aprovisionamiento y la distancia entre árboles lo que permite tener un mayor volumen de copa.

Las condiciones meteorológicas son otro factor importante que influye en la productividad, pero como el presente estudio se efectuó en la misma localidad, durante dos días consecutivos, no fue un factor relevante. Si lo es cuando se compara la productividad interanual entre una cosecha y otra.

Análisis económico

Haciendo un análisis económico desde el punto de vista del propietario de plantaciones, la actividad puede desglosarse de la siguiente manera (Tabla 3).

La tabla antes presentada (Tabla 3), representa algunos casos expuestos por propietarios de plantaciones. Cuando la cosecha no es llevada a cabo por el propio productor, existe la posibilidad de contratar mano de obra para

la actividad. Lo que suele cobrarse para esta tarea ronda en los 3\$/kg. Luego el productor se encarga de vender a 5\$/kg al centro de acopio, obteniendo así una ganancia neta de 2\$/kg.

El trabajo descrito en este documento, demuestra que el ingreso anual por venta de vainas alcanzaría para cubrir el costo de limpieza del lote con rastra (2.500 \$/ha) y a su vez generar un excedente por hectárea de \$3.054.

En base a las mediciones realizadas durante los dos días de estudio, alrededor de 60 familias aportaron a la Cooperativa Agro Naciente con 5.300 kg de vainas de algarrobo procedentes de predios de hogares y lotes con forestaciones.

Tabla 3. Análisis económico por venta de vainas de algarroba.**Table 3. Economic analysis for the sale of carob pods.**

Actividad	Pesos (\$)
Servicio de recolección de vainas por kg	3
Venta de vaina a acopiadora por kg	5
Beneficio por kg	2
Ganancia Neta por ha (2.777 kg x 2\$)	5.554

Datos extraídos de la campaña de recolección 2019-2020 (Cooperativa Apícola Agrícola Agro naciente)

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio son comparables a los obtenidos por ARCE *et al.*, (2014). Dichos autores, estiman una productividad de las plantaciones de algarrobo de la Colonia El Simbolar en 2.000 kg/ha, en contraste a los 2.777 kg/ha estimados en esta investigación, 9 años después en las mismas plantaciones. Es de esperar que si se realiza un raleo en las masas, la productividad aumente aún más con el paso del tiempo.

Por otro lado, ensayos de clones con *Prosopis alba* realizados por EWENS y FELKER (2010) en la Estación Experimental Fernández, con un espaciamientos de 10m x 10m y densidad de 100 árboles/ha, al 7mo año arrojaron un rendimiento de 5.000 kg/ha, es decir 50 kg/árbol.

Los resultados del presente estudio, contrariamente al antes mencionado (EWENS y FELKER 2010), provienen de mediciones realizadas en plantaciones sin manejo silvícola, sin mejora genética y con una densidad diferente. DOODS (2006) menciona que si el objetivo principal de la plantación es la producción de vainas, se debe promover un buen desarrollo de copas y evitar el entrecruzamiento, lo que lleva a plantearse la idea de utilizar densidades de 400 árboles por hectárea aproximadamente. A su vez, este autor considera que para estimaciones económicas se recomienda trabajar con un promedio de 25 kg de vainas por árbol (DOODS, 2006, citado por BENDEK, 2007).

Estudios previos de FAO (1997), han demostrado que la producción promedio de vainas por árbol oscila entre 20 y 40 kg. Sin embargo, los resultados promedios presentados aquí se encuentran por debajo de esos parámetros. Esto es quizás el reflejo de la falta de manejo de las plantaciones para fines productivos.

Desde el punto de vista económico, investigaciones llevadas a cabo por la Universidad de Piura en Perú, señalan que una tonelada métrica de vainas cuesta USD 27 (GRADOS y CRUZ, 1996). En contraste, el área de estudio del presente trabajo (Colonia El Simbolar), fija un valor por tonelada cercano a \$5.000 equivalente a USD 60.

(Tipo de cambio 1 USD= 82 Pesos Argentinos: 18/02/2020)

GRADOS y CRUZ (1996) señalan que una persona puede recolectar alrededor de 150 kg de vainas en un día. Estos valores son cercanos a los hallados en este trabajo. Si se extrae la productividad media de cosecha de árboles aislados durante 8 h de trabajo, la recolección diaria rondaría en el orden de 112 kg/persona (14 kg x 8h).

Investigaciones realizadas por FIGUEROA *et al.*, (2006) en localidades próximas a Añatuya (Santiago del Es-

tero), señalan que una persona para la recolección de un 1 kg de vaina demanda un tiempo de entre 5 y 10 minutos. Es decir, en una hora de trabajo una persona puede cosechar entre 6 y 12 kg. Estos resultados son comparables a los obtenidos en el presente estudio, en el cual se deduce que, en promedio, un recolector puede cosechar entre 10,5 kg/h/ (plantaciones puras) y 14 kg/h (predios de hogares).

Por otro lado, en el presente trabajo se pudo constatar que la tarea de recolección de vainas de algarroba es frecuentemente realizada por niños y mujeres durante sus tiempos libres, en coincidencia con lo mencionado por GRADOS y CRUZ (1996).

CONCLUSION

En base a los resultados obtenidos, se concluye que tanto la productividad de cosecha como el rendimiento de frutos por árbol es mayor en unidades económicas familiares que en macizos puros de algarrobo blanco.

El ingreso anual percibido por la venta de vainas, lograría cubrir el costo de mantenimiento de lotes con algarrobo blanco (2.500 \$/ha) y a su vez generar a sus propietarios un excedente de 3.054 \$/ha.

Las plantaciones de *Prosopis alba* constituyen una importante fuente de ingreso familiar en la localidad de Colonia El Simbolar durante los meses de diciembre/enero, siendo las mujeres y niños los principales recolectores.

Es necesario evaluar técnicas de cosecha de frutos y manejo silvícola de las plantaciones de algarrobo en el sitio de estudio, con el fin de promover las mismas como un emprendimiento viable y rentable para sus propietarios.

AGRADECIMIENTO

En especial a la Cooperativa Apícola Agrícola “Agro Naciente”, por su contribución durante el proceso de recolección de datos.

BIBLIOGRAFÍA

ARCE, L.; Billela, P.; Lucero, A. 2014. ¿De productores agrícolas a forestales? el caso de la Colonia El Simbolar, departamento Robles, Santiago del Estero. Revista Producción Forestal. Volumen N° 10. Año N° 4. Pág. 12

BENDEK, R. 2007. Factibilidad técnico-econó-

mica de generar productos alimenticios a partir del fruto de Algarrobo Chileno (*Prosopis Chilensis* Mol. Stuntz) para la alimentación humana o animal. Tesis de grado. Pág. 11-15.

CORONEL DE RENOLFI, M. y Gómez, A. (2014). Estimación del costo del primer raleo de algarrobo blanco (*Prosopis alba*): metodología aplicada al caso de una plantación en Herrera, Santiago del Estero, Argentina. Ingeniería Solidaria. Pág 10, 19-27.

CORONEL DE RENOLFI, M. 2014. Rendimientos y costos de la cadena productiva del algarrobo blanco en Santiago del Estero, Argentina. Educación e investigación forestal para un equilibrio vital. Cooperación binacional Argentina-Brasil. Pág. 299-314

EWENS, M.; Felker P.2010. A comparison of pod production and insect ratings of 12 elite *Prosopis alba* clones in a 5-year semi-arid Argentine field trial. Forest Ecology and Management 260 (2010)378–383

FELKER, P.; Grados, N.; Cruz, G.; Prokopiuk, D. 2003. Economic assessment of production of flour from *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human food applications. Journal of Arid Environments. Pág:517-528

FIGUEROA, G; Dantas, M.2006. Recolección, procesamiento y consumo de frutos silvestres en el noroeste semiárido argentino. Casos actuales con implicancias arqueológicas. La Zaranda de Ideas. Revista de Jóvenes Investigadores en Arqueología 2:35-50.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1997. *Prosopis chilensis*. In: Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas Nº12. Santiago, Chile. Pág. 347

GORDILLO, S.2006. La Algarrobeada de Cerro Colorado. Proyecto educativo Mallku.edu. Pág: 4
Grados, N.; Cruz, G. 1996. New Approaches to Industrialization of Algarrobo (*Prosopis pallida*) Pods in Peru. A Workshop U.S. National Academy of Sciences Building Washington, D.C. Pág: 3-29

NSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA, IN-DEC.2010. disponible en <http://www.indec.gob.ar/codgeo.asp>.

MARTÍNEZ DE ESCOBAR, S.; Lucero, P.; Neira, P.; Karlin, U. Coirini, R. 2015. Uso sustentable y revalorización cultural de *Prosopis flexuosa* D.C. en la comunidad de Bermejo, departamento de Caucete, provincia de San Juan, Argentina. Memorias del V Congreso latinoamericano de agroecología. Pág: 3-5.

SARMIENTO, M. 2017. Consumo de productos forestales no madereros en el ámbito urbano: el caso de ha-

rinas de frutos de árboles de bosques nativos en el norte de Argentina”, Ingeniería Solidaria, vol. 13, Nº 23.Pág: 91-105.

SILVA, M. 2000. Valoración nutritiva del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. Multequina 9: 65-74.

TASO, V. (2020, enero 11). El algarrobo, un alimento sano de nuestro monte. Nuevo diario. Recuperado de: web:<http://www.nuevodiarioweb.com.ar/noticias/2020/01/11/225701-el-algarrobo-un-alimento-sano-de-nuestro-monte>

VARELA, S; Aparicio, A.2011. Aspectos básicos sobre semillas y frutos de especies forestales. Recomendaciones para su cosecha. Serie técnica: “Sistemas Forestales Integrados” Área Forestal - INTA EEA Bariloche. Pág: 2-5.

ESTIMACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DEL VOLUMEN APROVECHABLE PARA ESPECIES COMERCIALES DE LA SELVA MISIONERA BAJO LA REGLA DEL DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTA ANTE DIFERENTES ESCENARIOS DE CRECIMIENTO Y DURACIÓN DEL CICLO DE CORTA.

LOGGING VOLUMEN RECOVERY FOR COMMERCIAL SPECIES OF THE FOREST OF MISIONES ACCORDING TO THE MINIMUM CUTTING DIAMETER, VARIOUS FOREST MANAGEMENT SCENARIOS AND CUTTING CYCLES

Fecha de Recepción: 10/09/2020 // Fecha de Aceptación: 12/02/2021

RESUMEN

La utilización de modelos predictivos como herramientas para la planificación forestal es necesaria para lograr la sostenibilidad en la obtención de productos del bosque y evitar su degradación. El objetivo del presente estudio fue estimar la recuperación del volumen aprovechable de 6 especies comerciales de la Selva Misionera bajo diferentes escenarios de crecimiento y duración del ciclo de corta. Se ajustaron modelos de crecimiento y estimaron tasas de incorporaciones a partir de datos de parcelas permanentes de muestreo. La mortalidad post aprovechamiento se estimó a partir de modelos existentes para bosques tropicales. Las estimaciones mostraron la recuperación del stock volumétrico total transcurridos 40 años bajo crecimiento máximo, 60 años bajo crecimiento medio y más de 60 años a tasas de crecimiento mínima. A nivel de especie, solo 3 especies recuperarían su stock transcurridos 20 años bajo tasas de crecimiento máxima. Bajo tasa media la mayoría de las especies necesitarán 40 años para su recuperación. Los resultados indican que, para lograr la sostenibilidad del recurso, los planes de manejo deberían contemplar estimaciones de posibilidad para cada especie en particular y considerar períodos de tiempo superiores a 40 años de edad para recuperar el volumen extraído.

Palabras clave: Incremento, modelos, manejo forestal, bosque nativo.

SUMMARY

Sustainable forest management require the use of predictive growth models to allow similar levels of forest products through time and avoid forest degradation. The aim of this study was to estimate the volume recovery of 6 commercial species from the forest in Misiones under different growth scenarios and felling cycle length. From permanent sampling plots data, growth models were adjusted and ingrowth rates were estimated. Post-harvest mortality was estimated from existing models for tropical forests. Projections showed the recovery of the total volumetric stock after 40 years under maximum growth rates, 60 years under mean growth rates and more than 60 years at minimum growth rates. At species level, only 3 species would recover their stock after 20 years under maximum growth rates. Under mean growth rates most species will take 40 years to recover. Results indicate that to achieve the sustainability, forest management plans should contemplate harvestable estimates for each species and consider periods of time greater than 40 years of age to recover the harvested volume.

Key words: Increment, models, forest management, native forest.

Martin Alcides Pinazo

M.Sc. Silvicultura. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). EEA Montecarlo. Av Libertador 2472. Montecarlo. Misiones.
pinazo.martin@inta.gob.ar

Marcelo Fabián Arturi

Dr. Ciencias Biológicas. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
marceloarturi@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Un de los objetivos principales del manejo forestal es asegurar la provisión sostenida de bienes y servicios del bosque (PUTZ *et al.*, 2012). La producción de madera constituye, en la mayoría de los bosques, el principal ingreso económico que justifica el manejo, planificación y conservación de la superficie boscosa (FREDERICKSEN y PUTZ, 2003). La estimación de la producción a futuro de madera del bosque es una herramienta determinante para evaluar la sostenibilidad de la producción a largo plazo. Para realizar una evaluación realista es necesario conocer las tasas de crecimiento, mortalidad y regeneración del bosque o de las especies sujetas a manejo (VANCLAY, 2003).

La provincia de Misiones posee una superficie boscosa de 1.612.558 hectáreas constituyendo uno de los remanentes más importantes del boque atlántico. En el marco de la ley nacional 26.331, la provincia posee 901.617 ha definidos como bosques nativos categoría II, categoría que exige la conservación de la cobertura boscosa y admite el uso maderero selectivo como actividad productiva. Estos bosques se encuentran con diferentes grados de degradación como consecuencia de la extracción maderera del tipo selectiva. Esta extracción se ha centrado en el apeo de los ejemplares de mayor tamaño y particularmente concentrada en las especies más valiosas y por lo tanto poseen un potencial económico reducido (CAMPANELLO *et al.*, 2019). La legislación provincial estipula la presentación de planes de manejo para el uso maderero del bosque bajo la regla del diámetro mínimo de corta como única medida de regulación de la posibilidad a extraer. A pesar que la reglamentación no especifica los volúmenes máximos a extraer, la autoridad de aplicación autoriza, por regla general, la extracción de 10 m³/ha bajo ciclos de corta de 10-15 años (CAMPANELLO *et al.*, 2019). Por otra parte, la normativa no exige la aplicación de técnicas de aprovechamiento forestal de bajo impacto ni la aplicación de técnicas probadas de manejo que aumenten las tasas de crecimiento de manera que se aseguren los volúmenes para los ciclos posteriores. Por lo tanto, los propietarios de los bosques no aplican manejo alguno del bosque aprovechado (CAMPANELLO *et al.*, 2019).

Numerosos estudios demuestran, para bosques tropicales y subtropicales manejados bajo la regla del diámetro mínimo de corta, la necesidad de aplicar turnos mayores a los 40 años para lograr la recuperación del stock extraído por las actividades de aprovechamiento forestal (SIST *et al.*, 2003; KAMMESCHEIDT *et al.*, 2001). La sostenibilidad del recurso forestal demanda la obtención continua de los volúmenes a extraer en los sucesivos ciclos de corta. Para ello resulta necesario disponer de datos de crecimiento, mortalidad e incorporación para las especies bajo manejo. Con estos datos es posible aplicar diferentes herramientas para realizar las proyecciones del bosque, estimar la estructura futura y realizar cálculos de la posibilidad factible de extraer bajo diferentes escenarios teniendo como objetivo el principio de sostenibilidad de los volúmenes posibles de extraer en los sucesivos ciclos de producción (VANCLAY, 1994).

El presente estudio tiene por objetivo estimar la recuperación del volumen de madera a extraer bajo la regla del diámetro mínimo de corta para *Cabralea canjerana*; *Balfourodendron riedelianum*, *Apuleia leiocarpa*, *Cordia trichotoma*, *Didymopanax morototoni*, *Myrocarpus frondosus* y *Ocotea diospyrifolia* mediante la simulación del aprovechamiento, diferentes escenarios de crecimiento y duración del ciclo de corta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos se obtuvieron en el Campo Anexo Manuel Belgrano (26° 04' de Latitud Sur, 53° 45' de Longitud Oeste, altitud 600 m.s.n.m), Departamento Manuel Belgrano, provincia de Misiones, dependiendo administrativamente de la Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo del INTA. El clima es subtropical húmedo, con régimen pluviométrico isohigro, considerando que en cualquier estación o mes del año puede haber sequía o abundantes precipitaciones, con temperatura media anual de 23,3 °C y media mínima de -7,0 °C. La humedad relativa anual es de 76% y la precipitación media anual es de 2.137,5 mm (CORREA *et al.*, 2003). La vegetación original de la región, definida por CABRERA (1976) como “Selva de Laurel, Guatambú y Pino”, se caracteriza por un estrato arbóreo dominante donde predomina *Araucaria angustifolia*. Los bosques de esta propiedad han sido sometidos a aprovechamientos selectivos en los años 60-70, sin registrarse nuevas intervenciones ni prácticas de manejo hasta el momento de instalación de la experiencia.

Con el objeto de evaluar el efecto del tratamiento de corta de lianas y tacuaras sobre el crecimiento, regeneración y mortalidad, se instalaron durante los años 2006, 2007 y 2011 en diferentes sectores de la propiedad, 6 parcelas permanentes de muestreo de 1 ha de superficie. Las parcelas se instalaron de forma apareada o de a pares aplicando a una de ellas un tratamiento de corte de lianas y tacuaras, quedando la parcela pareada como testigo o sin tratamiento. De esta manera, la totalidad de las parcelas representó 6 hectáreas de ensayo (3 repeticiones). En ningún caso se realizó la corta o apeo de individuos dentro de las mencionadas parcelas. La instalación se llevó a cabo mediante la generación sobre el terreno de una cuadricula de 100 m x 100 m con subdivisiones de 10 m x 10 m. En cada subdivisión se mapearon, mediante cinta métrica, todos los individuos con DAP > 10 cm, se refirieron a un sistema de coordenadas x-y, se identificaron a nivel de especie, se midió el DAP y se estimó la longitud del largo de fuste aprovechable. Todos los individuos fueron identificados mediante chapa numerada. En las parcelas correspondientes al tratamiento de corte de lianas y tacuaras, se procedió al corte de las mismas mediante el empleo de machete. Posteriormente se realizaron mediciones bianuales del diámetro, totalizando 6 años de mediciones. En cada medición se registraron los individuos que superaron los 10 cm DAP y los individuos muertos.

A partir de los datos de diámetro a la altura del pecho de todos los individuos presentes de las especies bajo

estudio, se estimaron las frecuencias promedios o densidad promedio de individuos por hectárea para las diferentes clases diamétricas y se generaron las distribuciones de frecuencia por clase diamétrica en función del DAP.

Estimación del crecimiento

A partir de las mediciones bianuales se determinaron los valores de crecimiento diamétrico. Estos valores fueron utilizados para realizar el ajuste de los modelos de crecimiento considerando todos los individuos presentes en las parcelas. Al disponer de un set de datos reducido para las diferentes especies, inicialmente se estimaron curvas de incremento máximo, medio y mínimo a partir de la metodología propuesta por LIEBERMAN y LIEBERMAN (1985). Este modelo permite una estimación probabilística del incremento a partir de un set reducido de datos, permitiendo además obtener tasas de crecimientos máximos y mínimos, la mediana de la tasa de crecimiento y la expectativa de supervivencia entre otros parámetros. El modelo trabaja sobre una matriz $n \times 2$, donde el elemento D_{ij} es el DAP del individuo i th en el año j th, siendo $J=1$ a 2. Los individuos (filas de la matriz) son ordenados en forma ascendente según su DAP inicial. Una trayectoria de crecimiento es construida, permitiendo a un individuo de $DAP=10$ cm crecer, utilizando incrementos específicos relacionados al tamaño. Estos valores de incremento son obtenidos a partir de los datos surgidos a partir de las sucesivas mediciones en las parcelas permanentes. El incremento es elegido al azar usando la matriz de datos a partir de un pequeño grupo de individuos con diámetro similar al árbol seleccionado, en cada periodo durante todo el periodo de simulación. De esta manera, el modelo genera un conjunto de trayectorias que está determinada por los datos. Se realizaron 1000 simulaciones para cada especie y se definieron las curvas de incremento mínimo, medio y máximo como las correspondientes a los percentiles 10, 50 y 90 de esas simulaciones. El crecimiento medio fue estimado como la curva definida por la mediana de las estimaciones mediante la generación de un script para R. Una vez obtenidas las curvas y para parametrizar las curvas generadas y poder disponer de un modelo de crecimiento se ajustó el modelo de RICHARDS (1959).

$$\text{- Ecuación (1)} Dap = D * [1 - b * \exp(-k * t)^{1/(1-m)}]$$

A partir de esta ecuación es posible despejar el tiempo para estimar el tiempo o edad.

$$\text{- Ecuación (2)} t = \frac{\ln\left[\left(\frac{(Dap)^{(1-m)}}{D}\right)^{-1} \pm b\right]}{-k}$$

t: tiempo (años); D: diámetro asintótico (cm); Dap: diámetro (cm); k y m: parámetros de la ecuación.

Como sólo se dispuso datos a partir de 10 cm de DAP, se consideró como edad al tiempo transcurrido a partir que el individuo alcanzó ese tamaño. Los parámetros resul-

tantes de los ajustes para cada especie se presentan en la tabla 1.

Con el objeto de estimar la recuperación de las existencias aprovechables, se realizaron estimaciones prospectivas del crecimiento máximo, mínimo y medio para ciclos de corta de 20, 40 y 60 años. Para ello, se determinaron los diámetros de los individuos que al presente están por debajo del DMC (diámetro mínimo de corta) y que, luego de realizar el aprovechamiento y transcurridos los ciclos de corta considerados, sobrepasarán dicho valor de diámetro y estarán disponibles para la cosecha futura. De esta manera, se define un rango de diámetros cuyo valor superior es el DMC y el valor inferior es aquel que contiene al individuo más pequeño que alcanzará el DMC transcurrido el ciclo de corta. Los rangos de diámetro fueron definidos para cada especie utilizando las curvas generadas a partir de la ecuación 1. Para ello se determinó el tiempo de cada individuo en alcanzar el DMC bajo condiciones de crecimiento máximo, mínimo o medio. Luego, restando los años para cada ciclo de corta propuesto y para cada tasa de crecimiento, se determinaron sobre la curva los valores de los puntos inferiores de los rangos. De esta manera, se definieron sobre la curva los parámetros DMC: diámetro mínimo de corta; t-Crec.med: Tiempo que le demanda a un individuo para alcanzar el DMC a tasa de crecimiento medio; t-Crec.med-20: (t-Crec.med – tiempo de ciclo de corta); R-Crec.med: rango de diámetro de individuos que a crecimiento medio y ciclo de corta de 20 años superarán el DMC una vez transcurrido el periodo. De manera similar se definen los rangos para las tasas de crecimiento máximo y mínimo como así también para los ciclos de corta de 40 y 60 años.

En la figura 1 se presenta de forma gráfica, a modo de ejemplo, la determinación de los rangos diamétricos sobre las curvas de incremento (DAP-tiempo) de *C. canjerana* para un ciclo de corta de 20 años y tasa de crecimiento media.

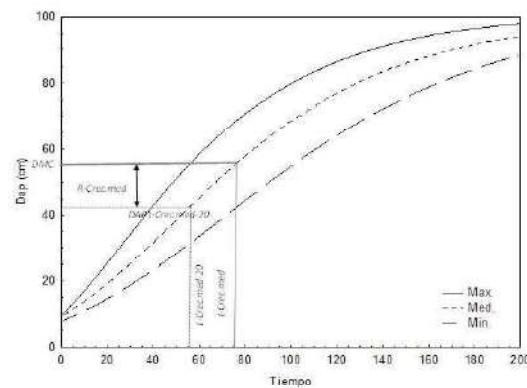


Figura 1. Curvas de incremento de *C. canjerana* y determinación de los valores de DAP máximo y mínimo de los individuos de futura cosecha determinados a partir del DMC y su DAP 20 años antes de alcanzar el DMC. Línea sólida: incremento máximo; línea punteada: incremento medio; línea cortada: incremento mínimo.

Figure 1: Age-diameter relations for *C. canjerana* and a representation of how minimum and maximum diameter range of future crop trees under a felling cycle of 20 years can be derived. Solid line: maximum growth rate; dotted line: median growth rate; broken line: minimum growth rate.

Una vez definido los rangos de diámetro y los individuos contenidos en los mismos, se estimó el diámetro que tendrían transcurrido el ciclo de corta considerado. Para ello se utilizó la ecuación 1 y el diámetro de cada uno de ellos, luego se sumó, a la edad actual estimada, el número de años del ciclo de corta considerado (20-40 y 60 años). Por último, con la misma ecuación, se determinó el diámetro futuro una vez transcurrido el ciclo de corta.

Estimación de corta o posibilidad

Para estimar los volúmenes y áreas basales a extraer, se definió la posibilidad para cada especie como todo el volumen o área basal por encima del DMC definido por la reglamentación provincial. Si bien la reglamentación menciona o sugiere dejar individuos semilleros, a los fines prácticos no se consideró este aspecto en los cálculos. En las tablas 3 y 4 se presentan el número de individuos, los volúmenes y las áreas basales a extraer por especie.

Regeneración y Mortalidad

La mortalidad varía entre las especies y en las clases diamétricas. Sin embargo, al no disponer de datos suficientes para todas las especies consideradas y para todas las clases diamétricas, la mortalidad natural durante el periodo o ciclo de corta considerado se estimó con un valor del 2%. Este valor no se aleja de las estimaciones preliminares realizadas en el sitio de estudio y se encuentra dentro de los valores mencionados para bosques tropicales y subtropicales (LIEBERMAN *et al.*, 1985; WHITMORE, 1990).

Además de la mortalidad natural, es necesario considerar la mortalidad causada durante el aprovechamiento. El nivel de daño y mortalidad generado por el aprovechamiento están relacionados a las técnicas de volteo y arrastre utilizadas y a la intensidad de la corta. Por lo tanto, su determinación o estimación debe ser considerada al evaluar ciclos de corta o intensidades de cosecha. En este caso y al tratarse de una simulación y no disponer de datos de mortalidad y daño durante el aprovechamiento, se utilizaron los modelos de ALDER y SILVA (2000) que estiman la mortalidad en función de la intensidad de corta definida por el número de individuos aprovechados y una posterior distribución del daño en las diferentes clases diamétricas.

$$Mab = 0,0058 * N + 0,0412$$

Donde Mab: % de área basal destruida; N: número de árboles apeados.

$$FM = -0,0215 * DAP + 1,7535$$

Donde FM: factor de mortalidad relativo; DAP: diámetro a la altura del pecho (cm).

La regeneración se consideró para incorporar en la recuperación del volumen y área basal en la finalización de cada ciclo de corta. Los valores o tasas de regeneración utilizados fueron obtenidos a partir de las mediciones de las parcelas permanentes asumiendo que los valores se

mantendrán similares luego del aprovechamiento. Para las estimaciones se consideró como regeneración a la tasa de incorporación en la clase inferior de DAP (10-15 cm). Posteriormente, se proyectó su crecimiento durante todo el periodo comprendido para cada ciclo de corta.

Estimación de volumen

Al realizar proyecciones para diferentes periodos o ciclos de corta y no poder estimar los valores futuros de las variables necesarias para la estimación de volúmenes mediante las fórmulas existentes, se procedió al ajuste de una función alométrica que utilice al DAP como variable independiente. Para ello se estimaron los volúmenes al momento de la medición inicial utilizando las fórmulas de volumen del 1er inventario nacional de bosques nativos. Con los volúmenes estimados se ajustó la función alométrica utilizando el DAP como variable predictora. Con esta fórmula alométrica se estimaron nuevamente los volúmenes iniciales y los volúmenes para cada ciclo de corta simulado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las distribuciones diamétricas de las especies consideradas mostraron escasa representación en las clases inferiores a excepción de *C. canjerana* que presentó una mayor tendencia a una distribución de J invertida. Similarmente, las clases superiores resultaron escasamente representadas con valores de menos de un individuo por hectárea para diámetros a la altura del pecho superiores a los 50 cm.

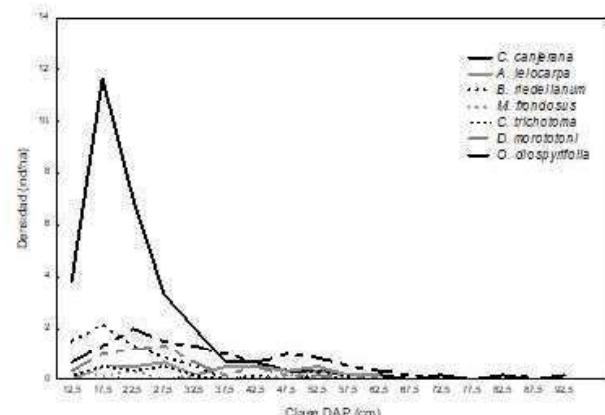


Figura 2. Distribuciones diamétricas para las especies analizadas.

Figure 2: Diameter distribution of analyzed species.

El bosque bajo estudio presentó una densidad de 300 individuos/hectárea y un área basal de 20,34 m²/hectárea. La posibilidad estimada aplicando los diámetros mínimos de corta (DMC) fue de 7,8 individuos/hectárea, 1,85 m²/ha de área basal y 13,03 m³/ha, representando una intensidad de corta del 9,1% del área basal existente. Si bien el número de individuos a extraer por hectárea se encuentra dentro de los valores mencionados para la región y el volumen es levemente superior al valor de 10 m³/ha autorizado actualmente como regla general por parte de la autoridad de aplicación provincial, este valor de volumen resulta menor

a reportes realizados para otras situaciones y está representado mayoritariamente en especies de valor comercial intermedio como *A. leiocarpa*, *C. canjerana*, *O. diospyrifolia* y *D. morototoni* que concentran el 89% del volumen aprovechable (tabla 3).

El ajuste de los modelos de crecimiento mediante las ecuaciones 1 y 2 resultó significativa y permitió la estimación de los valores de tiempo y DAP para los cálculos de la posibilidad para los ciclos de corta considerados. En la tabla 1 se presentan los valores de los parámetros de los modelos de crecimiento de RICHARDS (1959) para las especies bajo estudio.

Utilizando los modelos de crecimiento ajustados, los tiempos que le demanda a un individuo alcanzar el DMC resultó variable en función de la tasa de crecimiento de las especies y los valores de DMC reglamentados. *D. morototoni* y *O. diospyrifolia* presentaron los valores más bajos de tiempo para alcanzar el DMC necesitando 32 y 28 años mientras que *M. frondosus* y *A. leiocarpa* fueron las que demandaron más tiempo con valores de 102 y 76 años si crecieran a tasa máxima. Las proyecciones de crecimiento a tasa promedio arrojaron valores de 46 y 47 años para *D. morototoni* y *O. diospyrifolia* y 147 y 110 años para *M. frondosus* y *A. leiocarpa*. La tasa de crecimiento mínima resultó en 70 años para *D. morototoni* y 201 años para *M. frondosus* (tabla 2).

Los diámetros inferiores de los rangos de los individuos que sobrepasaron el DMC para cada ciclo de corta presentaron valores menores para las especies con mayores tasas de crecimiento y DMC más bajos. *C. trichotoma*, *D. morototoni*, *O. diospyrifolia*, *C. canjerana* y *B. riedelianum* presentaron los valores más bajos de diámetros inferiores para los diferentes ciclos de corta y tasas de crecimiento. En el caso de *D. morototoni* y *O. diospyrifolia* el rango abarcó todos los individuos de todas las clases diamétricas inferiores al DMC para un ciclo de corta de 40 años y tasas de crecimiento máximo como así también, todos los individuos para un ciclo de corta de 60 años a tasas de crecimiento máxima y media. En el caso de *C. trichotoma* y *C. canjerana* solo para un ciclo de corta de 60 años y con tasa máxima de crecimiento, todos los individuos menores al DMC fueron incluidos dentro del rango para el mencionado ciclo de corta. *B. riedelianum* con DMC de 40 cm de DAP y tasas de crecimiento intermedias, presentó dentro del rango a todos los individuos presentes para un ciclo de corta de 60 años a tasa máxima de crecimiento. Las especies con mayores DMC como *A. leiocarpa* y *M. frondosus*, coincidentes con las menores tasas de crecimiento, presentaron los valores más altos de diámetros inferiores de los rangos estimados para las diferentes tasas de crecimiento y ciclos de corta y por lo tanto los más cercanos al DMC (tabla 2).

La recuperación del stock a extraer según la regla del DMC a nivel de rodal resultó positiva a partir de un ciclo de corta de 40 años con amplios excedentes para un ciclo de 60 años para tasas de crecimiento máximo y medio. En cambio, para tasas de crecimiento mínimo, el stock total no se recuperaría aún bajo ciclos de corta de 60 años (tabla 3). Duraciones de ciclos de corta similares o mayores son recomendados en otras regiones de bosques tropicales

como períodos mínimos para recuperar el stock aprovechado. (BRIENEN y ZUIDEMA, 2006a; KAMMESCHEIDT et al. 2001; SIST et al., 2003). Similarmente, en bosques de la región, CAMPANELLO et al., (2019) y RIEGELHAUPT et al., (2009) mencionan ciclos de corta de 30 años en sitios con manejo de lianas y de 96 años para áreas sin manejo.

A nivel de especie, los valores de recuperación están íntimamente relacionados a las áreas basales y volúmenes a extraer, el crecimiento, las tasas de regeneración y las existencias por debajo del DMC de cada una de ellas en particular. La estimación de diferentes tasas de crecimiento permite visualizar diferentes escenarios de manejo y su impacto sobre la recuperación del stock de madera. De esta manera, la aplicación de manejo forestal que permita lograr un crecimiento máximo permitiría reducir la duración del ciclo de corta para recuperar el stock extraído por el aprovechamiento. La aplicación de técnicas de manejo como el corte lianas (CAMPANELLO et al., 2019; CAMPANELLO et al., 2012; PINAZO et al., 2014) y la liberación de individuos candidatos (WADSWORTH y ZWEDE, 2006; VILLEGRAS et al., 2009) producen un aumento significativo en las tasas de crecimiento. En contrapartida, las lianas, que son particularmente abundantes en áreas aprovechadas, reducen las tasas de crecimiento a nivel individuo, especie y rodal (CAMPANELLO et al., 2012; CAMPANELLO et al., 2019; PINAZO et al., 2012; PINAZO et al., 2014; RIEGELHAUPT et al., 2009). Si bien las tasas de crecimiento son determinadas por múltiples factores, podemos asumir que mediante manejo es posible lograr la tasa máxima de crecimiento y con ausencia de manejo se verificaría en la situación más favorable una tasa media de crecimiento.

En el presente estudio los volúmenes aprovechados para las especies seleccionadas son bajos en comparación a lo que se esperaría para un bosque con buen stock aprovechable. Por lo tanto, si se pretende aumentar los volúmenes a extraer en los sucesivos ciclos de corta futuros, estos ciclos deberán ser con períodos más largos para permitir la acumulación de stock de las especies más valiosas como *M. frondosus*, *C. trichotoma*.

Cada especie presenta diferentes distribuciones, tasas de regeneración, mortalidad y crecimiento, situación que genera variabilidad en la recuperación del stock a aprovechar a nivel de especies (BRIENEN y ZUIDEMA, 2006a; DAUBER et al., 2005; SIST et al., 2003). De esta manera las especies de rápido crecimiento y elevadas tasas de regeneración poseen mayores existencias para recuperar el stock como es el caso de *D. morototoni* y *C. canjerana*. En el otro extremo están las especies de lento crecimiento y escasa regeneración con menos existencias debajo del DMC, como es el caso de *M. frondosus*, que recuperan su stock a mayores períodos de tiempo. En cambio, especies como *O. diospyrifolia*, *A. leiocarpa*, *B. riedelianum* y *C. trichotoma* representan situaciones intermedias. *B. riedelianum* presenta bajas tasas de crecimiento, existencias suficientes debajo del DMC y buena regeneración lo que permite recuperar el stock a extraer de manera rápida y superando el stock existente. *C. trichotoma* no presenta una buena recuperación ya que posee baja frecuencia en las existencias y solo bajo el

escenario de tasa máxima de crecimiento o bajo ciclos largos podría recuperar de manera satisfactoria su stock. En el caso de *O. diospyrifolia* es posible visualizar el efecto de una extracción superior a la posibilidad de la especie. Esta especie es la que presenta la mayor tasa de extracción y a

pesar de presentar buenas tasas de crecimiento no recupera su stock. En cambio, *A. leiocarpa* presenta una buena recuperación ya que la extracción de los volúmenes por encima del DMC es rápidamente compensado por las existencias menores a dicho diámetro (tabla 3).

Tabla 1. Parámetros de la función de RICHARDS (1959) ajustados a partir de las curvas estimadas por el modelo de LIEBERMAN y LIEBERMAN (1985) para la mediana (Med) y percentiles del 90% (Max) y 10% (Min) correspondientes a 1000 simulaciones de crecimiento.

Table 1: RICHARDS (1959) growth function parameters adjusted from Max: 90% percentil age-time relation; Med: median age-time relation; Min: 10% percentil age-time relation derived from 1000 simulations from LIEBERMAN and LIEBERMAN (1985) model.

		D	k	m	b	F	P
<i>C. canjerana</i>	Max	100,9805	0,0201	0,6980	0,5091	2939,0470	<0,0001
	Med	99,7730	0,0187	1,0237	-0,058	12491,5994	<0,0001
	Min	102,1895	0,0149	1,0752	-0,213	18601,4878	<0,0001
<i>A. leiocarpa</i>	Max	73,8372	0,0162	0,1768	0,7316	1766,1216	<0,0001
	Med	74,5212	0,0115	0,2699	0,7048	2557,4445	<0,0001
	Min	79,1406	0,0073	0,3046	0,7152	7666,1883	<0,0001
<i>B. riedelianum</i>	Max	52,8515	0,0555	1,7889	-2,6734	960,5889	<0,0001
	Med	50,8379	0,0429	2,2781	-7,1889	6117,5825	<0,0001
	Min	67,4610	0,0133	1,0906	-0,2014	2401,8641	<0,0001
<i>M. frondosus</i>	Max	77,4432	0,0083	-0,5147	0,9429	14091,2623	<0,0001
	Med	78,7215	0,006	-0,3327	0,9163	22057,0685	<0,0001
	Min	81,0071	0,0045	-0,1401	0,8813	25682,6671	<0,0001
<i>C. trichotoma</i>	Max	56,0338	0,0967	3,1093	-19,2829	1469,6610	<0,0001
	Med	52,3981	0,0724	3,347	-23,7425	4489,7153	<0,0001
	Min	69,9768	0,0231	1,851	-3,3894	642,9727	<0,0001
<i>D. morototoni</i>	Max	61,9701	0,1112	3,8719	-89,7447	2056,8992	<0,0001
	Med	59,9691	0,1001	4,8146	-361,8299	4321,3102	<0,0001
	Min	66,7991	0,037	2,5423	-15,9956	1896,4368	<0,0001
<i>O. diospyrifolia</i>	Max	88,5687	0,0194	0,4841	0,6596	2120,4475	<0,0001
	Med	89,9757	0,0159	0,9098	0,1712	5191,5351	<0,0001
	Min	103,1007	0,0092	0,7211	0,5086	11601,6388	<0,0001

Tabla 2. Tiempos para alcanzar el diámetro mínimo de corta para las diferentes especies, tasas de crecimiento y valores umbrales de DAP para los ciclos de corta considerados en las proyecciones. DMC: diámetro mínimo de corta; TDMC: tiempo para que un individuo de 10 cm DAP alcance el DMC en función de la tasa de crecimiento máxima (Tmax), media (Tmed) y mínima (Tmin); Max, Med, Min: valor de DAP umbral que debe tener un individuo para alcanzar el DMC en el periodo considerado para cada ciclo de corta y para cada tasa de crecimiento.

Table 2. Time to reach their Minimum Cutting Diameter of the studied species, growth rates and diameter range for different cutting cycles. DMC: minimum cutting diameter; TDMC: time for a 10 cm DHB to reach the DMC under maximum growth rate (Tmax), mean (Tmed) and minimum (Tmin); Max, Med, Min: minimum DHB threshold of a tree must have to reach the DMC after a cutting cycle and different growth rates.

Especie	DMC (cm)	TDMC			Ciclo corta 20 años			Ciclo corta 40 años			Ciclo corta 60 años		
		Tmax (años)	Tmed (años)	Tmin (años)	Max (cm)	Med (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Med (cm)	Min (cm)	Max (cm)	Med (cm)	Min (cm)
<i>C. canjerana</i>	55	55	75	100	38,6	42	44,4	21,1	28,5	33,6	-	16,3	23,4
<i>A. leiocarpa</i>	55	76	110	159	48,3	50,2	51,4	39	44,4	47,4	26,9	37,3	42,9
<i>B. riedelianum</i>	40	42	70	107	25,3	31,5	34,3	11,2	21,6	28,1	-	13,1	21,8
<i>M. frondosus</i>	55	102	147	201	50,5	51,8	52,5	44,8	48	49,7	37,6	43,7	46,6
<i>C. trichotoma</i>	50	44	74	101	33,9	44,4	42,7	16	32,7	34,4	-	20	26,1
<i>D. morototoni</i>	40	32	46	70	20,3	25,1	29,6	-	15	20,3	-	-	13,3
<i>O. diospyrifolia</i>	35	28	47	73	17,7	24,3	26,9	-	14,2	19,1	-	-	12

Tabla 3: Volumen (m³/ha) a extraer para las especies consideradas, según Diámetro Mínimo de Corta y valores simulados de recuperación del volumen para ciclos de corta de 20, 40 y 60 años bajo escenarios de crecimiento máximo (Crec.Max.), medio (Crec.Med.) y mínimo (Crec.Min.). Entre paréntesis se indican los valores porcentuales (%) respecto al volumen a extraer.

Table 3: Harvested volume (m³/ha) for studied species under Minimum Cutting Diameter and values of simulated volume recovery for 20, 40 and 60 years of felling cycles, and different growth scenarios: maximum growth rates (Crec.Max.), Median growth rates (Crec.Med.) and minimum growth rates (Crec.Min.). In parentheses are the percentages of harvesting volume.

	Posibilidad DMC	Ciclo 20 años			Ciclo 40 años			Ciclo 60 años			
		Crec. Max.	Crec. Med.	Crec. Min.	Crec. Max.	Crec. Med.	Crec. Min.	Crec. Max.	Crec. Med.	Crec. Min.	
Especie	m ³ /ha	ind/ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	
<i>C. canjerana</i>	3,18	0,83	1,72 (54,3)	0,99 (31,1)	0,77 (24,2)	9,89 (311,4)	3,81 (119,9)	2,02 (63,6)	22,86 (719,8)	12,50 (393,5)	5,19 (163,3)
<i>A. leiocarpa</i>	0,6	0,33	0,68 (114,1)	0,49 (81,9)	0,32 (53,1)	1,00 (166,7)	0,71 (118,4)	0,47 (78,2)	1,25 (208,5)	0,77 (127,6)	0,57 (94,4)
<i>B. riedelianum</i>	0,35	0,33	0,75 (213,5)	0,17 (47,5)	0,15 (43,5)	2,40 (679,0)	0,82 (233,2)	0,29 (82,1)	2,47 (700,7)	1,40 (395,9)	0,58 (164,2)
<i>M. frondosus</i>	0,88	0,33	0,35 (39,3)	0,33 (37,8)	0,32 (36,8)	0,38 (42,9)	0,25 (28,2)	0,24 (27,0)	0,29 (32,7)	0,18 (21,0)	0,17 (19,8)
<i>C. trichotoma</i>	0,26	0,17	0 0	0 0	0 0	0,80 (313,5)	0 0	0 0	0,67 (260,2)	0,33 (130,3)	0,18 (69,1)
<i>D. morototoni</i>	1,16	1	2,22 (190,4)	1,30 (111,6)	0,46 (39,2)	3,20 (274,6)	2,34 (201,2)	1,45 (124,3)	2,74 (235,3)	2,16 (185,8)	1,58 (136,0)
<i>O. diospyrifolia</i>	6,6	4,83	2,85 (43,2)	1,47 (22,3)	0,90 (13,7)	4,38 (66,4)	2,55 (38,6)	1,82 (27,6)	5,69 (86,2)	3,13 (47,4)	1,99 (30,2)
Total	13,0	3	8,58 (65,8)	4,75 (36,5)	2,92 (22,4)	22,05 (169,3)	10,48 (80,4)	6,28 (48,2)	36,03 (276,5)	20,47 (157,1)	10,26 (78,8)

Tabla 4: Volumen (m³/ha) originado a partir de las incorporaciones estimadas para las especies consideradas, que superaran el Diámetro Mínimo de Corta luego de transcurridos los ciclos de corta de 20, 40 y 60 años bajo escenarios de crecimiento máximo (Crec.Max.), medio (Crec.Med.) y minimo (Crec.Min.). Entre paréntesis se indican los valores porcentuales (%) respecto al volumen recuperado en el ciclo de corta.

Table 4: Harvestable volume (m³/ha) of predicted ingrowth of trees that can potentially exceed the Minimum Cutting Diameter for felling cycles of 20, 40 and 60 years, and different growth scenarios: maximum growth rates (Crec.Max.), Median growth rates (Crec.Med.) and minimum growth rates (Crec.Min.). In parentheses are the percentages of projected harvesting volume.

	Ciclo 20 años			Ciclo 40 años			Ciclo 60 años		
	Crec. Max.	Crec. Med.	Crec. Min.	Crec. Max.	Crec. Med.	Crec. Min.	Crec. Max.	Crec. Med.	Crec. Min.
Especie	m ³ /ha								
<i>C. canjerana</i>	-	-	-	-	-	-	1,98	-	-
	-	-	-	-	-	-	(62,3)	-	-
<i>A. leiocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. riedelianum</i>	-	-	-	-	-	-	0,48	-	-
	-	-	-	-	-	-	(137,1)	-	-
<i>M. frondosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. trichotoma</i>	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-
	-	-	-	-	-	-	(26,9)	-	-
<i>D. morototoni</i>	-	-	-	0,10 (8,6)	-	-	0,41 (35,3)	0,15 (12,9)	-
	-	-	-	(8,6)	-	-	(35,3)	(12,9)	-
<i>O. diospyrifolia</i>	-	-	-	0,59 (8,9)	-	-	1,74 (26,4)	0,45 (6,8)	-
	-	-	-	(8,9)	-	-	(26,4)	(6,8)	-

Un aspecto importante a mediano y largo plazo es la regeneración de las especies bajo aprovechamiento. La estimación del aporte de la regeneración a la recuperación de stock nos indica la factibilidad de poder lograr la sostenibilidad del manejo aplicado, la necesidad de acciones de estimulación al proceso de regeneración natural o la necesidad de recurrir a técnicas de regeneración artificial como es el enriquecimiento (ZIMMERMAN y KORMOS, 2012). El aporte de la regeneración o incorporaciones, esto quiere decir, el aporte al área basal y volumen por encima del DMC de los individuos que se incorporan a la clase de 10 cm DAP y crecen durante el ciclo de corta, fue variable en función de la especie y el ciclo de corta considerado. *C. canjerana*, *B. riedelianum* y *C. trichotoma* presentaron aportes de la regeneración para la recuperación de la posibilidad solo para un ciclo de corta de 60 años y con tasas máximas de crecimiento. *D. morototoni* y *O. diopyrifolia* mostraron aportes para ciclos de 40 años a tasa máxima de crecimiento y a tasa máxima y media para el ciclo de 60 años. Sin embargo, los aportes de la regeneración para estas especies son menores a los exhibidos por *C. canjerana* y *B. riedelianum*. En los casos de *A. leiocarpa* y *M. frondosus* no se verificaron individuos que se incorporen a la clase de 10 cm de DAP y puedan desarrollarse hasta superar el DMC para los ciclos de corta considerados. Esto indica que, aun con la aplicación de medidas de estímulo sobre la regeneración de estas especies y bajo un escenario de máximo crecimiento, se debería considerar tiempos muy superiores a los 60 años y por lo tanto se debería poner especial atención a la regulación de estas especies. En contrapartida, especies como *D. morototoni*, *C. canjerana*, *B. riedelianum* y *C. trichotoma* con valores porcentuales de participación en la recuperación del stock de más del 30%, nos permitiría una mayor flexibilidad en el manejo y en la regulación de los stocks de las especies bajo un escenario de crecimiento máximo (tabla 4).

La realización de un manejo forestal sostenible demanda la estimación del crecimiento y la proyección de los parámetros estructurales de un bosque. Para estas estimaciones es posible aplicar diferentes metodologías o herramientas predictivas. En el caso bajo estudio, la metodología utilizada para realizar las proyecciones involucró la utilización de modelos ajustados para la situación particular estudiada. Si bien el ajuste y utilización de los modelos propuestos no puede extrapolarse de manera general a toda la selva misionera, su aplicación puede considerarse como una herramienta para la realización de planes de ordenación a nivel de unidad de manejo. De esta manera es posible estimar los ciclos de corta y recuperación del stock a nivel de especie en función de los crecimientos y existencias por debajo del DMC con la disponibilidad de datos de crecimiento provenientes de parcelas de muestreo permanentes.

Los crecimientos estimados y proyectados a partir de datos obtenidos a partir de parcelas permanentes de muestreo pueden subestimar el crecimiento de los individuos al considerar tasas de crecimiento promedio a nivel de especie o de clase diamétrica. Estudios basados en anillos de crecimiento pueden representar estimaciones más certeñas del crecimiento y edades de los individuos y especies. Sin embargo, estos estudios resultan complejos y dificulto-

sos para ser realizados por los propietarios de los bosques bajo manejo (BRIENEN y ZUIDEMA, 2006a; BRIENEN y ZUIDEMA, 2006b). Las estimaciones de incremento obtenidas mediante las simulaciones basadas en crecimientos reales propuesta por LIEBERMAN y LIEBERMAN (1985) nos permiten asumir que estos crecimientos pueden representar situaciones reales factibles de ser utilizadas para el manejo del bosque.

En la metodología utilizada se asumieron tasas de crecimiento, mortalidad y regeneración post aprovechamiento a partir de datos y modelos de la literatura representando una simplificación de la situación real. A pesar de ello, la metodología puede ser utilizada a nivel de unidad de manejo para la planificación de las cortas e indicar a las autoridades provinciales la necesidad de considerar la aplicación de intensidades de corta y ciclos de corta basados en estimaciones de existencias, tasas de crecimiento, mortalidad y regeneración de las unidades de manejo.

CONCLUSIÓN

El análisis realizado en el presente trabajo asume que las tasas de crecimiento y de regeneración no cambian durante los sucesivos ciclos de corta. Por lo tanto, las estimaciones pueden subestimar o sobreestimar los volúmenes al finalizar los ciclos de corta. La realización de investigaciones y monitoreo de estos aspectos permitirán estimaciones más precisas para la correcta planificación de los planes de manejo. Los resultados estimados para el bosque bajo estudio indican que, bajo la aplicación de la regla de DMC como herramienta de regulación, demanda la aplicación de ciclos de cortas superiores a los 40 años para recuperar el stock extraído bajo un escenario de crecimiento máximo. Aun asumiendo que la tasa de crecimiento medio es posible bajo un escenario de ausencia de manejo, es necesario un ciclo de alrededor de 60 años para lograr la recuperación del stock a nivel de bosque. Sin embargo, a nivel de especie el ciclo de corta para que se logre la recuperación de su stock es variable y demanda una planificación y regulación en cada caso particular si se pretende un flujo continuo de madera de cada una de ellas. Si se pretende mantener un ciclo de corta menor bajo la regla del DMC, el cálculo de la posibilidad a extraer debería considerar las existencias por debajo del DMC y el crecimiento de los individuos de clases diamétricas inferiores al DMC para solo extraer el crecimiento, permitir la recuperación del stock bajo el ciclo de corta propuesto y asegurar la sostenibilidad en la obtención de madera para las diferentes especies. Actualmente en la provincia de Misiones se aplican, en los planes de manejo, ciclos de corta de 10-15 años poniendo en evidencia la posible falta de sostenibilidad a mediano plazo y la posible degradación rápida del potencial productivo del bosque.

BIBLIOGRAFÍA

ALDER,D.; Silva,J.N.M.2000.An empirical cohort model for management of Terra Firme forests in the Brazilian

- Amazon. *Forest Ecology and Management* 130: 141-157.
- BRIENEN, R.J.W.; Zuidema, P.A. 2006a. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. *Forest Ecology and Management* 226: 256-267.
- BRIENEN, R.J.W.; Zuidema, P.A. 2006b. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. *Journal of Ecology* 94: 481-493.
- CABRERA, A.L. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. Buenos Aires: Enciclopedia Argentina de Agric. y Jardinería. 2º ed., Tomo II, 85p.
- CAMPANELLO, P. I.; Villagra, M.; Garibaldi, J. F.; Ritter, L. J.; Araujo, J. J.; Goldstein, G. 2012. Liana abundance, tree crown infestation, and tree regeneration ten years after liana cutting in a subtropical forest. *Forest Ecology and Management* 284:213-221.
- CAMPANELLO, P.I.; Von Below, J.; Hilgert, N.I.; Cockle, K.L.; Di Francescantonio, D.; García, D.S.; Jaramillo, M.; Gauto, O.A.; Goldstein, G. 2019. ¿Es posible el uso sostenible del bosque en Misiones?. Necesidades de manejo a diferentes escalas, investigación, intervenciones de alto impacto y más recursos económicos. *Ecología Austral* 29: 122-137.
- CORREA DE TEMCHUK, M; Olinuk, JA; Pedemonte, R. 2003. Contornos de lluvia para la provincia de Misiones. Análisis geoestadístico. Informe Técnico 85. EEA Cerro Azul. 23p.
- DAUBER, E.; Fredericksen, T.S.; Peña, M. 2005. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 214: 294-304.
- FREDERICKSEN, T.S.; Putz, F.E. 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation* 12: 1445-1453.
- KAMMESCHEIDT, L.; Torres Lezama, A.; Franco, W.; Plonczak, M. 2001. History of logging and silvicultural treatment in the western Venezuelan plain forests and the prospect for sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 148: 1-20.
- LIEBERMAN, M.; Lieberman, D. 1985. Simulation of growth curves from periodic increment data. *Ecology* 66: 632-635.
- LIEBERMAN, D.; Lieberman, M.; Peralta, R.; Hartshorn, G.S., 1985. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. *Journal Ecology*. 73: 915-924.
- PUTZ, F.E.; Zuidema, P.A.; Synnott, T.; Peña-Claros, M.; Pinard, A.; Sheil, D.; Vanclay, J.K.; Sist, P.; Gourlet-Fleury, S.; Bronson Griscom, B.; Palmer, J.; Roderick Zagt, R. 2012. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conservation Letters* 5:296-303.
- PINAZO, M. A.; Dummel, C. J.; Moscovich, F. A.; Knebel, O. E. 2012. Efecto del corte de lianas y tacuaras sobre las incorporaciones, mortalidad y crecimiento en un bosque aprovechado en el norte de Misiones, Argentina. 15as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. Eldorado, Misiones, Argentina.
- PINAZO, M. A.; Dummel, C.J.; Moscovich, F.A. 2014. Aplicación de corta de lianas y tacuaras como práctica para la recuperación y manejo de bosques nativos aprovechados en la Selva Paranaense. Estudio de caso. Jornadas Técnicas, Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Eldorado, Misiones. Argentina.
- RICHARDS F.J. 1959. A Flexible Growth Function for Empirical Use. *Journal of Experimental Botany* 10: 290-300.
- RIEGELHAUPT, E.; Bacalini, P.; T. Arias Chalico, T.; Mora Ardila, F.; Burkart, R. 2009. Proyecto: Ensayo de técnicas simples de manejo para el aumento de la productividad maderera y conservación de la biodiversidad en la Selva Misionera. Evaluación de resultados de mortalidad, reclutamiento y crecimiento a siete años de aplicados los tratamientos de manejo. En B. Carpinetti, M. Garcíarena and M. Almirón (eds.). *Parque Nacional Iguazú, Conservación y desarrollo en la Selva Paranaense de Argentina*. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires, Argentina. Pp. 135-224.
- SIST, P.; Fimbel, R.; Sheil, D.; Nasir, R.; Chevallier, M.E. 2003. Towards sustainable management of mixed dipterocarp forests of Southeast Asia: moving beyond minimum diameter cutting limits. *Environmental Conservation* 30: 364-374.
- VANCLAY, J. K. 2003. Growth modelling and yield prediction for sustainable forest management. *The Malaysian Forester* 66:58-69.
- VANCLAY, J.K. 1994. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*, CAB International, Wallingford, Reino Unido. 312 p.
- VILLEGRAS, Z.; Peña-Claros, M.; Mostacedo, B.; Alarcón A.; Licona, J.C.; Leaño, C.; Pariona, W.; Choque, U. 2009. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 258: 971-979.
- WADSWORTH, F.H.; Zweede, J.C. 2006. Liberation: Acceptable production of tropical forest timber. *Forest Ecology and Management* 233: 45-51.

WHITMORE, T.C. 1990. An Introduction to Tropical Rainforests. Clarendon Press, Blackwell Publishing, Ltd., Oxford. 282 Pp.

ZIMMERMAN, B.L.; Kormos, C.F. Prospects for Sustainable Logging in Tropical Forests. *Bioscience* 62: 479-487.

DURABILIDAD NATURAL Y ABSORCIÓN EN MADERAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Y *Ruprechtia laxiflora* Meisn. DEL DEPARTAMENTO ELDORADO MISIONES.

NATURAL DURABILITY AND ABSORPTION IN *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze WOODS. AND *Ruprechtia laxiflora* Meisn. IN THE DEPARTMENT OF ELDORADO MISIONES.

Fecha de Recepción: 16/11/2020 // Fecha de Aceptación: 17/02/2021

RESUMEN

SUMMARY

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Estudio tecnológico de maderas impregnadas y no impregnadas de tres especies de coníferas y tres especies de latifoliadas aptas para la industria de la construcción, de la Provincia de Misiones. Código ISIF: II 21”. Se estudió las características de durabilidad natural y absorción de las maderas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, (Pino paraná) y *Ruprechtia laxiflora* Meisn. (Marmelero). Las probetas fueron seleccionadas de maderas comerciales de las industrias de la zona. Los estudios de durabilidad natural, se realizaron bajo la Norma EN (Norma europea) 113 modificada; los hongos que se utilizaron pertenecen a la especie: *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum* sp., *Laetiporus sulphureus*, *Ganoderma applanatum* y *Pleurotus sajor-caju*. Para clasificar la resistencia de las maderas al ataque de tales hongos se utilizó la clasificación establecida por Findlay. Tanto el pino paraná como el marmelero presentaron diferencias significativas ante el ataque de los distintos hongos utilizados, siendo las especies que más daño generaron a la *Araucaria angustifolia*, el *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp.; los que más daños generaron a *Ruprechtia laxiflora*, fueron *Ganoderma applanatum* y *Pycnoporus sanguineus*. Por otra parte, para los ensayos de absorción, se utilizaron probetas de iguales dimensiones que para los de durabilidad, las cuales fueron impregnadas con el producto CA-B (copper azole), a través del método de impregnación de Burnett aplicando vacío de -0,50 kg/cm² y presión de 7 kg/cm², durante 15 y 120 minutos consecutivamente, y 5 minutos de vacío final, siendo el pino paraná la especie que mejor capacidad de absorción presentó para este producto mencionado.

Palabras clave: impregnación, resistencia natural, hongos xilófagos.

This work was carried out within the framework of the project “Technological study of impregnated and non-impregnated woods of three species of conifers and three species of hardwoods suitable for the construction industry in the Province of Misiones. ISIF code: II 21”. The natural durability and absorption characteristics of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, (paraná Pine) and *Ruprechtia laxiflora* Meisn. (marmelero) woods were studied. The specimens for these tests were selected from commercial woods from industries in the area. The natural durability studies were carried out under the modified EN Standard (European Standard) 113; the fungi to be used belong to the species: *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum* sp., *Laetiporus sulphureus*, *Ganoderma applanatum* and *Pleurotus sajor-caju*. In turn, the classification established by Findlay was used to classify the resistance of wood to such fungal attack. The Paraná pine, as well as the Marmelero, presented significant differences to the attack of the different fungi used, being *Laetiporus sulphureus* and *Gloeophyllum* sp. the species of fungi that caused the most damage to *Araucaria angustifolia*, For *Ruprechtia laxiflora*, the fungi that caused the most damage were *Ganoderma applanatum* and *Pycnoporus sanguineus*. For the absorption tests, specimens of the same dimensions as those for durability tests were used, which were impregnated with the product CA-B (copper azole), composed of copper and azole, through the impregnation method of Burnett applying vacuum of -0.50 kg / cm² and pressure of 7 kg / cm², for 15 and 120 minutes consecutively, and 5 minutes of final vacuum, being the Paraná pine the species with the best absorption capacity for the mentioned product.

Key words: impregnation, natural resistance, xylophagous fungi.

Hernán Maximiliano Godoy

Ingeniero Forestal independiente. Lisandro de la Torre 2141. Eldorado, Misiones. Argentina.

hernanmaximilianogodoy@gmail.com

Alicia Mónica Stehr

Ingeniera Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina.

asteahr@facfor.unam.edu.ar

Teresa María Suirezs

MSc. Ingeniera Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales – UNaM. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina. teresuirezs@hotmail.com

Adelaida Bragañolo

Ingeniera en Industria de la Madera. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM de la cátedra Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera. Bertoni 124, Eldorado, Misiones, Argentina.

Abeyi33@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

A*raucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. es una especie perteneciente a la familia de las Araucariáceas, posee su máxima extensión de distribución natural en el Brasil, en la provincia de Misiones se la encuentra en los departamentos Manuel Belgrano, San Pedro y parte de Guaraní. Es un árbol que se caracteriza por alcanzar 40 a 50 m de altura, con un fuste recto y diámetros superiores a los 2 m, contando su madera con un peso específico de 0,5 g/cm³ (GARTLAND y BOHREN, 2007).

Cuando la madera está recién cortada existe poca desigualdad entre albura y duramen, ya que ambos son blanco-amarillentos; sin embargo, a medida que pasa el tiempo, el duramen se torna más ocráceo. El veteado es suavemente demarcado por la diferencia de edad del tejido temprano y tardío; con mucha frecuencia aparecen vetas de color gris-pardo pero las más típicas son rosadas, poseen textura mediana a fina, grano rectilíneo a oblicuo y es de fácil trabajabilidad (TORTORELLI, 1956).

Su madera se utiliza principalmente en carpintería, construcciones civiles y tableros compensados. Se cultiva en la Argentina como plantas ornamentales, en la provincia de Misiones se realizan plantaciones con fines comerciales (BILONE, 1990).

Ruprechtia laxiflora Meisn. se encuentra dentro de la familia de las Polygonáceae, es un árbol con amplia distribución, encontrándose en el sur de Brasil, centro y este de Paraguay, norte del Uruguay, mientras que en Argentina se extiende a través de la provincia Paranaense, Parque Chaqueño y también en la provincia de las Yungas. En la selva se encuentra en el estrato medio, contiene un porte pequeño a mediano, con una altura total que se encuentra entre los 7 a 25 m, con diámetros medios entre 45 y 50 cm y máximos de 105 cm, con longitudes de fuste de 5 a 8 m y máximos de 13 m.

Su madera presenta albura de color amarillento y el duramen ocre a castaño rosado, textura mediana y heterogénea, grano recto y diseño veteado. Es moderadamente dura y semipesada, presenta un peso específico de 0,7 g/cm³ a 0,74 g/cm³; resistente, pero con escasa durabilidad natural, pero resistente a los insectos. Se usa para la fabricación de muebles, puertas y ventanas y sus marcos, tanto en interior como exterior, tirantería, terciados, carpintería rústica, estructura de techo, pisos de interiores, muros macizos exteriores (impregnados). (GARTLAND y BOHREN, 2007).

La pudrición en las maderas ocasionada por los hongos xilófagos, está considerada como una de las mayores causas de deterioro microbiológico que afectan su durabilidad y ocasionan fallas estructurales sobre elementos en servicio, tales hongos utilizan la madera y sus componentes como fuente de alimentación (MORA y ENCINAS, 2001). Según HUNT (1941) la temperatura óptima para el desarrollo de los hongos se encuentra entre los rangos de 20°C y 30°C. FINDLAY (1940) afirma que la humedad óptima para el desarrollo de los hongos se encuentra por encima del punto de saturación de las fibras, es decir entre el rango de 30% y 50%.

Teniendo estas condiciones de temperatura y humedad mencionadas anteriormente, y en presencia de oxí-

geno, los hongos xilófagos encuentran en la madera, un ambiente ideal para vivir, siendo esta su principal fuente de alimento, debido a su composición la cual la hace apetecible. La madera está compuesta principalmente por celulosa, lignina, hemicelulosa y los extractivos, siendo la celulosa un polisacárido que constituye alrededor de la mitad del material total, mientras que la lignina participa con alrededor de un 25% del total, siendo este un polímero, producto de la unión de varios ácidos y alcoholes que otorgan dureza y protección, a su vez la hemicelulosa participa con alrededor de un 25% cuya función es actuar como unión de las fibras. Existen otros componentes minoritarios denominados extractivos tales como resinas, ceras, grasas y otras sustancias (VIGNOTE PEÑA y MARTINEZ ROJAS, 2006).

Las pudriciones son producidas por hongos Basidiomicetes que desintegran a la lignina por oxidación y a la celulosa por hidrólisis, causando pérdida del color natural, peso y propiedades de resistencia mecánicas de la madera (MARTINEZ, 1952).

Los hongos pudridores se clasifican de acuerdo al tipo de pudrición que generan, los mismos son pudrición marrón, blanca y blanda. Los hongos que producen la pudrición castaña o marrón podemos decir que son los que más daño le genera a la madera, estos son hongos Basidiomicetes que afectan a la celulosa y dejan a la lignina sin daño, la madera dañada queda de color marrón oscuro y se agrieta perpendicular y transversalmente. Por otro lado los hongos de pudrición blanca afectan más a las latifoliadas que a las coníferas, debido a que presentan mayor cantidad de lignina, los mismos pertenecen a la clase Basidiomicetes y a veces a Ascomicetes, se alimentan de los carbohidratos y preferentemente de la lignina de la pared celular, aunque también pueden dañar a la celulosa como los denominados hongos simultáneos (parientes de los hongos de pudrición blanca), la madera atacada se torna de color blanquecino con un aspecto fibroso o incluso harinoso, la resistencia de la madera disminuye considerablemente cuando es afectada por este tipo de hongo (LULEY, 2005).

BOBADILLA *et al.*, (2007) estudiaron la durabilidad de la madera del *Pinus taeda* en el cual encontraron una pérdida de peso de 67,63% frente a la acción del hongo *Laetiporus sulphureus* y 36,77% ante el hongo *Ganoderma applanatum*. Comparativamente bajo el ataque de los mismos hongos SUIREZS *et al.*, (2010 b), al estudiar la durabilidad natural de *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* encontraron una pérdida de peso de 44,87% frente a la acción del hongo *Laetiporus sulphureus* y 22,64% ante el hongo *Ganoderma applanatum*.

También SUIREZS *et al.*, (2013), determinaron la durabilidad natural, de la albura y duramen de la especie *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. (Cedro rosado), bajo ataque del hongo xilófago *Laetiporus sulphureus*. Obteniendo una pérdida del 49,97% para la albura, y del 11,67% para el duramen, siendo más resistente este último.

Debido a que la provincia de Misiones se encuentra en una región forestal de gran importancia a nivel país, es necesario realizar constantes investigaciones a cuestiones de mejoras tecnológicas de las maderas, como es el caso de

la aplicación de productos preservantes, para aumentar su vida útil.

En este trabajo la impregnación se realizó a través del método Burnett, el mismo consiste en la introducción de la madera dentro del cilindro de tratamiento el cual es cerrado herméticamente, a continuación se pone en funcionamiento una bomba de vacío a modo de extraer el aire del cilindro y de la madera, para facilitar la entrada del líquido, aprovechando el vacío realizado, se llena el cilindro de tratamiento con el preservante, luego se pone en funcionamiento una bomba de presión que debe ser mantenida tanto tiempo como sea necesario para que el preservante penetre enteramente en la madera, completado el periodo de presión el líquido sobrante es bombeado hacia el tanque de almacenamiento y finalmente se hace un nuevo periodo de vacío con la finalidad de extraer el remanente de líquido que queda sobre la superficie de la madera para su manipulación, (TUSSET y DURAN, 1979).

JUNAC (1988) clasifica a los productos preservantes por su naturaleza, en tres categorías, oleoso, oleosolubles e hidrosolubles, dentro de los oleoso, se encuentran las creosotas las cuales son compuesto químico derivado del fraccionamiento de alquitranes procedentes de la destilación de carbones grasos (hulla). Dentro de los productos oleosolubles (orgánicos) encontramos al naftenato de cobre, de zinc, pentaclorofenol, tribromofenol, entre otros, estos son productos que se caracterizan por poseer buena penetración, y permiten la aplicación de pintura sobre el producto una vez seco. Dentro de los hidrosolubles (inorgánicos) encontramos las sales metálicas solubles en agua estas se pueden clasificar en sales simples dobles y múltiples, encontrándose dentro de los múltiples productos como Arseniato de cobre cromatado (CCA), Cromo cupro bórico (CCB), Arseniato de cobre amoniacial (ACA), compuestos de boro, CA-B (copper azole), entre otros.

El producto que se utilizó para la impregnación del pino paraná y el marmelero en este trabajo, es del tipo hidrosoluble, siendo este el CA-B (copper azole), el cual le da protección a la madera ante los hongos pudridores e insectos, su formulación está realizada en base a cobre y azole orgánicos. Es un impregnante de baja contaminación y bajo efecto en el medio ambiente (GELDES GONZÁLEZ, 2008).

Las maderas tratadas con productos químicos no deben ser cepilladas, perforadas, etc. con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación ambiental; por ese motivo se recomienda realizar todas las terminaciones posibles antes de impregnarlas (LEPAGE, 1986).

GIOVENALE y PITSCHE (2003), determinaron la absorción por medio del método baño caliente-frio en un estudio realizado en maderas de coníferas obteniendo los siguientes resultados: 472,73 l/m³ para *Pinus taeda* L Marion 393,90 l/m³ para *Pinus taeda* L. 436, 88 l/m³ para *Pinus elliotti*. 407,57 l/m³ para *Pinus patula* y 203,42 l/m³ para *Araucaria angustifolia*.

También SUIREZS *et al.*, (2007) realizaron estudios de absorción, retención y penetrabilidad en maderas de la especie de *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotti*, las mismas fueron impregnadas por los métodos

baño caliente-frío y vacío-presión, resultando para *A. angustifolia* 176,4 y 425,14 l/m³ respectivamente.

SUIREZS *et al.*, (2010a), realizaron estudios de absorción, bajo el método baño caliente-frio y Burnett, al *Lonchocarpus muehbergianus* (Rabo molle), *Araucaria angustifolia* y *Eucalyptus grandis*, obteniendo como resultado, para el rabo molle 157,47 l/m³, para el pino paraná 176,4 l/m³ y para el eucalipto 114,84 l/m³, por otro lado la absorción por el método Burnett, para el rabo molle fue de 507,85 l/m³, para el pino paraná de 398,23 l/m³ y para el eucalipto de 224,23 l/m³, de esta manera se pudo notar que las maderas impregnadas por el método Burnett donde se le aplicó vacío-presión, los valores de absorción son significativamente mejores, que la absorción por el método Baño Caliente-Frio.

Este trabajo tiene como objetivo determinar la durabilidad natural frente al ataque de 5 diferentes especies de hongos y determinar la capacidad de absorción del preservante CA-B (copper azole), por el método Burnett, de vacío-presión, en maderas de *Araucaria angustifolia* y *Ruprechtia laxiflora*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las maderas de las especies de interés para este trabajo fueron seleccionadas al azar de las industrias locales de la zona de influencia del departamento Eldorado, Misiones; por ende, las probetas que se utilizaron para los ensayos de durabilidad y absorción, provienen de piezas de madera comercial de dimensiones variables, las cuales fueron estabilizadas antes del ensayo, durante un tiempo de 2 meses en el laboratorio de tecnología de la madera de la Facultad de Ciencias Forestales.

Durabilidad

Para el ensayo de la durabilidad natural se trabajó con 25 probetas, 5 tratamientos y 5 repeticiones para cada especie de madera estudiada, la variable a medir fue la pérdida porcentual media de peso por tratamiento.

Las probetas de este ensayo cumplen con la Norma EN 113 modificada, con dimensiones de 3 x 1 x 0,5 cm. Una vez obtenidas las probetas, se procedió al registro del peso inicial de cada una de ellas, posteriormente, se expusieron a la acción de hongos xilófagos. Los hongos que se utilizaron pertenecen a la especie: *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum* sp BAFC: 2735, *Laetiporus sulphureus* BAFC: 205, *Ganoderma applanatum*, BAFC: 1168, *Pleurotus sajor-caju*; estos hongos pertenecen a la clase Basidiomicetes.

El cultivo de los hongos se realizó en medio de Nobles, este material fue esterilizado en autoclave con presión de 0,5 atm durante 25 a 30 minutos. Una vez solidificado el medio y en condiciones asépticas se colocaron pequeños trozos de micelios de cada especie de hongo mencionado, luego se llevaron a estufa durante 14 días a 27 °C ± 1 °C.

Una vez logrado el desarrollo del hongo en los tubos, se depositaron en el mismo cada una de las probetas esterilizadas en autoclave, con sus respectivas identificaciones, especie, número de repeticiones y tipo de hongo, y

luego llevados a estufa de cultivo durante tres meses, a una temperatura de $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, con controles semanales. Finalizado este periodo, las probetas se retiraron de los tubos, se las limpian dejándolas en ambiente de laboratorio durante 48 h, para su acondicionamiento, luego se tomaron el peso final de las mismas.

La medición de los pesos de las probetas antes y después de ser sometidas a la acción de los hongos, se realizó con balanza Mettler, con precisión de 0,01 miligramos.

La durabilidad de cada probeta de madera frente al ataque de los distintos hongos, se determinó a partir de la diferencia de peso, antes y después del tratamiento, para ello se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Perdida de masa (\%)} = \frac{P_f - P_i}{P_i} * 100$$

P_i = Peso seco al inicio del experimento (g)

P_f = Peso seco al final del experimento (g)

En la tabla 1 se puede observar el criterio de clasificación de Findlay, que se utilizó para determinar el grado de durabilidad de las maderas estudiadas.

Tabla 1. Clasificación de Findlay por resistencia de las maderas según pérdida de peso.

Table 1. Findlay classification for wood strength according to weight loss.

Perdida de Peso	Clasificación de Resistencia
< al 5%	Muy resistente
5% al 10 %	Resistente
10% al 20%	Moderadamente resistente
20% al 30%	No resistente
> al 30%	Perecedera

Absorción por el método Burnett

Se trabajó con 25 probetas para cada especie estudiada, estas probetas poseen las dimensiones iguales a las utilizadas para el ensayo de durabilidad, siendo sus dimensiones $0,5 \times 1 \times 3$ cm. Una vez que se acondicionaron las probetas se procedieron a determinar con una balanza de precisión los pesos de las mismas antes y después del tratamiento. El método de impregnación que se utilizó para el ensayo es el método Burnett el cual utiliza presión, el mismo consiste en aplicar vacío inicial de $-0,50 \text{ kg/cm}^2$ por 5 minutos, 7 kg/cm^2 de presión durante 120 minutos y 5 minutos de vacío final. El producto que se utilizó para la impregnación es CA-B (copper azole), compuesto por cobre y azole.

Los cálculos para la determinación de la absorción (l/m^3) se realizó en base a la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción} = \frac{P_f - P_i}{V}$$

P_f : Peso final de la probeta después del tratamiento en kg

P_i : Peso inicial de la probeta antes del tratamiento en kg

V : Volumen de la probeta antes del tratamiento en m^3

Análisis de datos.

En el ensayo de durabilidad natural se trabajó con un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA). Con los datos obtenidos de la variable pérdida de peso porcentual por tratamiento, en cada especie estudiada, se realizó análisis de variancia (ANOVA), para determinar si cada tratamiento produjo diferencias respecto a la variable pérdida de peso porcentual medio. Debido a que sí hubo diferencias, se realizó un Test de Tukey para determinar qué diferencias significativas presenta cada tratamiento entre sí, para cada especie por separado.

En el ensayo de absorción se comparó la absorción del pino paraná respecto al marmelero, la variable medida fue la absorción media de cada especie bajo el método de impregnación Burnett.

El análisis de los datos se realizó con el software estadístico InfoStat, donde se llevó a cabo un análisis de variancia (ANOVA), para determinar si cada especie impregnada presenta diferencias respecto a la variable absorción.

Debido a que sí hubo diferencia significativa se realizó un Test de Tukey para ratificar nuevamente esta diferencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la durabilidad natural

En la tabla 2 se muestra los valores promedio de pérdida de peso para cada madera ensayada bajo el ataque de los distintos hongos, además se clasificó por el tipo de pudrición que generan los mismos y la resistencia que presentó cada madera de acuerdo al sistema de clasificación de Findlay.

En la tabla 2 se puede apreciar que los hongos *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp generadores de pudrición marrón, fueron los que produjeron los mayores valores de pérdida de peso para *A. angustifolia*. En el caso de *R. laxiflora* los que generaron mayor de pérdida de peso fueron los hongos *Ganoderma applanatum* y *Pycnoporus sanguineus*, siendo ambos generadores de pudrición blanca. Por otra parte, para ambas especies de madera, el hongo que menor daño produjo fue el *Pleurotus sajor-caju*.

En la tabla 3 se presenta el promedio de pérdida de peso frente al ataque de los hongos estudiados, desvío estándar y el coeficiente de variación para cada especie de madera analizada.

En la tabla 4 se presenta el resultado del análisis de varianza unifactorial para la interacción hongo-*Araucaria angustifolia*, observando los resultados presentes en dicha tabla se puede apreciar que hay diferencia significativa, entre las pérdidas de peso generadas por los hongos, debido a que el p-valor es 0,0001 siendo este valor menor al nivel de significancia de 0,05 establecido. Indicando de esta manera que hay variabilidad en el ataque de los hongos hacia la *A. angustifolia*.

Por ello se realizó el test de Tukey (tabla 5), para comparar las medias de pérdida de peso, que generó cada hongo a la *A. angustifolia*, y ver qué tan variable fueron los daños producidos por tales hongos entre sí.

Tabla 2. Porcentaje de pérdidas de peso por interacción madera-hongo.

Table 2. Percentage of weight loss due to wood-fungus interaction.

Especies de madera	Hongos	Tipo de Pudrición	Media (%)	Resistencia
<i>A. angustifolia</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	marrón	37,87	Perecedera
<i>A. angustifolia</i>	<i>Gloeophyllum sp</i>	marrón	32,26	Perecedera
<i>A. angustifolia</i>	<i>Ganoderma applanatum</i>	blanca	15,36	Moderadamente resistente
<i>A. angustifolia</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	blanca	5,14	Resistente
<i>A. angustifolia</i>	<i>Pleurotus sajor caju</i>	blanca	1,76	Muy resistente
<i>R. laxiflora</i>	<i>Ganoderma applanatum</i>	blanca	35,22	Perecedera
<i>R. laxiflora</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	blanca	31,79	Perecedera
<i>R. laxiflora</i>	<i>Gloeophyllum sp</i>	marrón	22,27	No resistente
<i>R. laxiflora</i>	<i>Laetiporus sulphureus</i>	marrón	18,64	Moderadamente resistente
<i>R. laxiflora</i>	<i>Pleurotus sajor caju</i>	blanca	11,15	Moderadamente resistente

Tabla 3. Porcentaje medio de pérdida de peso según interacción hongo-madera.

Table 3. Average percentage of weight loss according to fungus-wood interaction.

Especie de Hongos	<i>A. angustifolia</i>			<i>R. laxiflora</i>		
	Media (%)	D.E	C.V (%)	Media (%)	D.E	C.V (%)
<i>Gloeophyllum sp</i>	32,26	3,95	12,23	22,27	4,57	20,51
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	5,14	1,83	35,54	31,79	3,23	10,17
<i>Laetiporus sulphureus</i>	37,87	15,30	40,41	18,64	9,78	52,51
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	1,76	0,25	14,17	11,15	4,26	38,20
<i>Ganoderma applanatum</i>	15,36	2,46	16,03	35,22	1,87	5,32

D.E: Desvio estandar; C.V: Coeficiente de variación.

Tabla 4. ANOVA unifactorial para la interacción de los hongos con *Araucaria angustifolia*.Table 4. ANOVA for the interaction of fungi with *Araucaria angustifolia*.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Hongo	5165,19	4,00	1291,30	24,91	0,0001
Error	1036,91	20,00	51,85		
Total	6202,10	24,00			

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: F de Snedecor; p-valor: valor de probabilidad.

Tabla 5. Test de Tukey; variable pérdida de peso en porcentaje de la *Araucaria angustifolia* frente a la acción de distintos hongos.Table 5. Tukey's test; variable weight loss in percentage of the *Araucaria angustifolia* against the action of different fungi.

Hongo	Pérdida de peso (%)	Número de probetas
<i>Laetiporus sulphureus</i>	37,87	5 a
<i>Gloeophyllum sp</i>	32,26	5 a
<i>Ganoderma applanatum</i>	15,36	5 b
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	5,14	5 b
<i>Pleurotus sajor caju</i>	1,76	5 b

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

Analizando el test de Tukey se puede observar que la especie de hongo *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum sp* fueron las que más afectaron a las probetas de pino paraná, no teniendo diferencias significativas entre ambas especies.

En la tabla 6 se presenta el resultado del análisis de varianza unifactorial para la interacción hongo-*Ruprechtia laxiflora*, observándose los resultados presentes en dicha tabla se puede apreciar que hay diferencia significativa, entre las pérdidas de peso producido por cada hongo, debido a que el p-valor es 0,0001 siendo este valor menor al nivel de significancia de 0,05 establecido. Indicando de esta manera que hay variabilidad en el ataque de los hongos a *R. laxiflora*.

Por ello se realizó el test de Tukey (tabla 7) para comparar las medias de pérdida de peso, que generó cada

hongo a *R. laxiflora*, y ver qué tan variable fueron los daños producidos por tales hongos entre sí.

Laetiporus sulphureus ocasiona una pérdida de peso de 67,63% al *Pinus taeda* (BOBADILLA *et al.*, 2007), a *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ocasiona una pérdida de peso de 44,87% (SUIREZS *et al.*, 2010b) mientras que en este trabajo se determinó que a *A. angustifolia* y *R. laxiflora* produce una pérdida de peso de 37,87% y 18,64% respectivamente.

El hongo *Ganoderma applanatum* comparativamente produce al *Pinus taeda* un 36,77% de pérdida de peso (BOBADILLA *et al.*, 2007) y a *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* 22,64% (SUIREZS *et al.*, 2010b) mientras que a *A. angustifolia* un 15,36% y *R. laxiflora* un 35,22%.

Tabla 6. ANOVA unifactorial para la interacción de los hongos con *Ruprechtia laxiflora*.

Table 6. ANOVA for the interaction of fungi with *Ruprechtia laxiflora*.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Hongo	1918,19	4	479,55	16,1	0,0001
Error	595,67	20	29,78		
Total	2513,86	24			

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: F de Snedecor; p-valor: valor de probabilidad.

Tabla 7. Test de Tukey; variable pérdida de peso en porcentaje de *Ruprechtia laxiflora* frente a la acción de distintos hongos.

Table 7. Tukey's test; variable weight loss in percentage of *Ruprechtia laxiflora* against the action of different fungi.

Hongo	Pérdida de peso (%)	Número de probetas	
<i>Ganoderma applanatum</i>	35,2	5	a
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	31,8	5	a b
<i>Gloeophyllum sp</i>	22,27	5	b c
<i>Laetiporus sulphureus</i>	18,64	5	c d
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	11,15	5	d

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

Resultados de absorción

En la tabla 8 se puede apreciar la capacidad de absorción media y densidad media con sus respectivos valores, de desvió estándar y coeficiente de variación frente al método de impregnación Vacío-Presión de Burnett

Observando los datos obtenidos se puede notar que la *A. angustifolia*, presentó mayor valor de absorción media, siendo este 592,51 l/m³. Por otra parte, *R. laxiflora* presentó una absorción media de 419,6 l/m³. De forma inversa sucedió con la densidad media la cual fue mayor para *R. laxiflora*, siendo 771,17 kg/m³, mientras que *A. angustifolia* presentó una densidad media de 476,35 kg/m³.

En la tabla 9 se presenta un análisis de varianza

para las dos especies analizadas, donde se puede observar que hay diferencia estadísticamente significativa, debido a que el p-valor es menor al nivel de significancia de 0,05 establecido, indicando de esta manera que la capacidad de absorción, de *R. laxiflora* respecto a *A. angustifolia*, presentó variación.

En el Test de Tukey realizado en la tabla 10 con la utilización de un alfa de 0,05 podemos ratificar nuevamente ya lo anunciado en el análisis de variancia, respecto a la existencia de diferencias estadísticamente significativas con respecto a los valores de absorción entre ambas especies, teniendo mayor absorción *A. angustifolia*.

Tabla 8. Promedio de absorción y densidad, según especie.
Table 8. Average absorption and density, according to species.

Especies	Nº Probetas	Absorción media (l/m ³)	D.E de Absorción	C.V (%) de Absorción	Densidad media (kg/m ³)	D.E de PEE	C.V (%) de densidad
<i>A. angustifolia</i>	25	592,51	108,66	18,34	476,35	94,27	19,79
<i>R. laxiflora</i>	25	419,60	53,43	12,73	771,17	54,34	7,05

D.E: desvío estándar; C.V: coeficiente de variación.

Tabla 9. ANOVA unifactorial para la capacidad de absorción en las especies estudiadas.
Table 9. ANOVA for the absorption capacity in the studied species.

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Especies	373744,10	1,00	373744,10	50,99	0,0001
Error	351862,62	48,00	7330,47		
Total	725606,72	49,00			

F.V.: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrado medio; F: F de Snedecor; p-valor: valor de probabilidad.

Tabla 10. Test de Tukey. Variable absorción media para *A. angustifolia* y *R. laxiflora*.
Table 10. Tukey's test. Variable mean absorption for *A. angustifolia* and *R. laxiflora*.

Especies	Promedio de absorción (l/m ³)	Nº de probetas
<i>A. angustifolia</i>	592,51	25 a
<i>R. laxiflora</i>	419,60	25 b

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

En el gráfico 1 y 2 con el objetivo de verificar la relación entre la absorción y la densidad, se realizó un análisis de correlación, para cada especie estudiada, notándose que existe una correlación inversa para el marmelero, donde a medida que aumenta la densidad disminuye su capacidad de absorción, mientras que el pino paraná presentó una correlación directa entre ambas variables, observándose que a medida que aumenta la densidad aumenta la absorción.

También se puede notar que el marmelero presentó mejor correlación en sus datos de absorción y densidad, siendo este 0,4814, es decir 48,14%, siendo esta la proporción de la varianza compartida entre ambas variables, mientras, que por su parte el pino paraná, tuvo una correlación de 0,1346, es decir 13,46%, la cual también es la proporción de la varianza compartida entre ambas variables.

La absorción obtenida con el método Burnett para *Araucaria angustifolia* fue de 592,51 l/m³ superior a la obtenida por GIOVENALE y PITSCHE (2003) mediante el método baño caliente-frío (203,42 l/m³) y SUIREZS *et al.*, (2007 y 2010a); mediante los métodos baño caliente-frío, Burnett y vacío-presión (176,4, 398,23 l/m³ y 425,14 l/m³ respectivamente).

Comparando el método respecto a otras especies también fue mayor que *Lonchocarpus muehbergianus* (Rabo molle) (507,85 l/m³) y para *Eucaliptus* sp. de (224,23 l/m³) (SUIREZS *et al.*, 2010a).

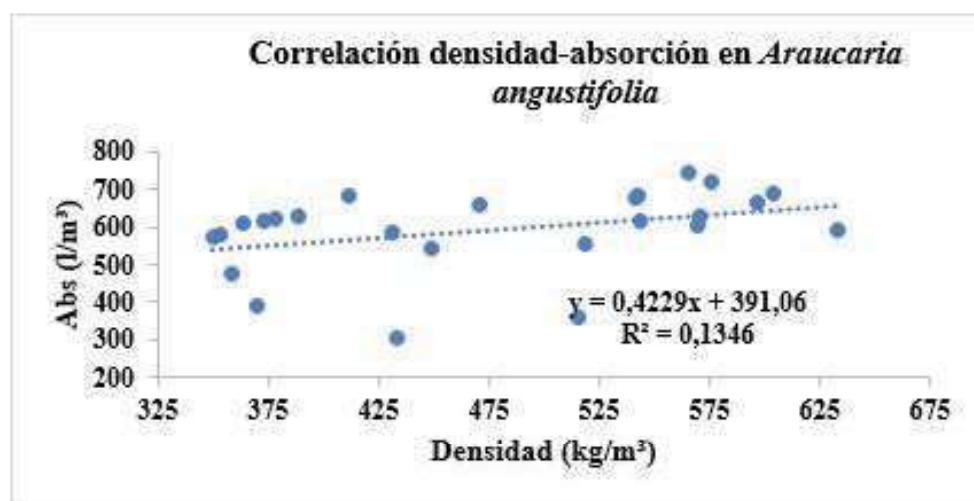


Gráfico 1. Diagrama de dispersión representando el grado de correlación entre la absorción y la densidad en *Araucaria angustifolia*.

Graph 1. Diagram representing the degree of correlation between absorption and density in *Araucaria angustifolia*

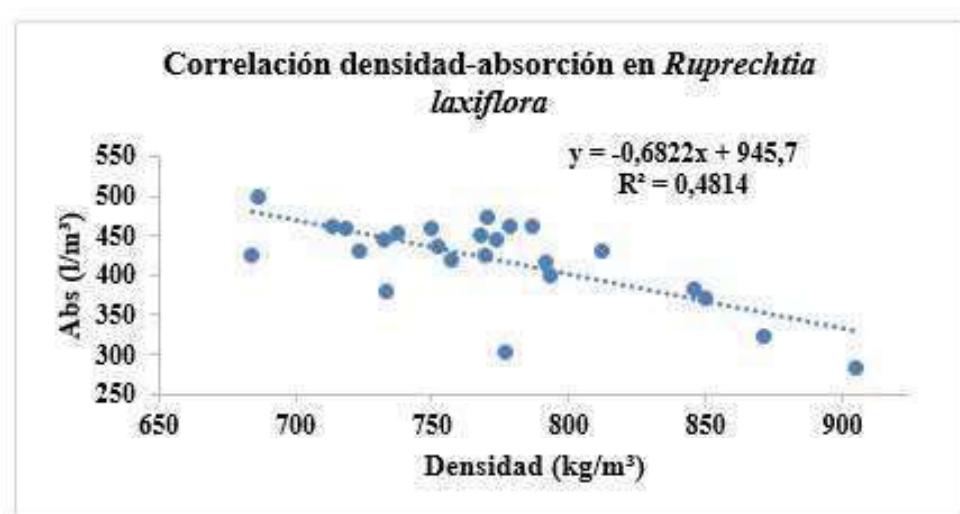


Gráfico 2. Diagrama de dispersión representando el grado de correlación entre la absorción y la densidad en *Ruprechtia laxiflora*.

Graph 2. Diagram representing the degree of correlation between absorption and density in *Ruprechtia laxiflora*.

CONCLUSION

Los hongos *Laetiporus sulphureus* y *Gloeophyllum* sp, fueron los que produjeron los mayores valores de pérdida de peso a *Araucaria angustifolia*; en el caso de *Ruprechtia laxiflora*, los hongos que produjeron mayores valores de pérdida de peso fueron las especies *Ganoderma applanatum* y *Pycnoporus sanguineus*, clasificándose a ambas como maderas perecederas según Findlay al ataque de estos hongos.

Mientras que para ambas especies de madera el hongo que menor daño produjo fue el *Pleurotus sajor-caju*, con 1,76% de pérdida de peso para *Araucaria angustifolia*, considerándose como madera muy resistente al ataque del mismo y con 11,15% de pérdida de peso para *Ruprechtia laxiflora*, considerándose como madera moderadamente resistente.

La madera de *Araucaria angustifolia* presentó mejor capacidad de absorción con el método de Burnett, donde se aplicó el producto preservante CA-B (copper azole), compuesto por cobre y azole, que la madera de *Ruprechtia laxiflora*, siendo la absorción de 592,51 l/m³ para la primera y de 419,6 l/m³ para la segunda.

BIBLIOGRAFÍA

BILONE, J. S. 1990. Árboles autóctonos argentinos de la selva, bosques y montes de la Argentina. Editora Argentina. Buenos Aires. Argentina. 335 pp.

BOBADILLA, E. A; Suirez, T. M; Pereyra, O; Weber, E; Silva, F; Stehr, A. M. 2007. Durabilidad de la madera del *Pinus taeda* L. impregnado con arseniato de cobre cromatado, frente a hongos xilófagos. Misiones. Argentina. Revisa Floresta v. 37 n. 1. FUPEF. Universidad Federal do Paraná.

FINDLAY, W. P. K. 1940. Studies in Physiology of Wood Destroying Fungi. Annuals of Botany N.S. 4 (16): 701-706.

GARTLAND, H. M.; Bohren, A. V. 2007. Dendrología especial, árboles forestales de Argentina. Editorial Universitaria. Posadas, Misiones. 132 pp.

HUNT, G. M. 1941. Factors that influence the decay of untreated Wood in service and comparative decay resistance of different species. U.S department of Agriculture. Forest Products Laboratory. Report N° 68.

GIOVENALE, L.; Pitsch, E.C. 2003. Determinación de la absorción de agua en madera del género *Pinus* y *Araucaria*. Integradora II. Facultad de Ciencias Forestales. 8 pp.

JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena). 1988. Manual del Grupo Andino para la preservación de Maderas. Proyecto Sub-Regional de Promoción Industrial de la Madera para la construcción. Lima-Perú. 150 pp.

LEPAGE, E. S. 1986. Manual de preservação de madeiras. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 342 pp.

LULEY, C. J. 2005. Wood Decay Fungi Common to Urban Living Trees in the Northeast and Central United States. Urban Forestry LLC. Naples, New York. 60 pp.

MARTINEZ, J. B. 1952. Conservación de madera en sus aspectos teórico, industrial y económico. Volumen I. Ministerio de Agricultura. Instituto forestal de investigaciones y experiencias. Madrid. 550 pp.

MORA, N.; Encinas, O. 2001. Evaluación de la durabilidad natural e inducida de *Pterocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea*, en condiciones de laboratorio. Revista Forestal Venezolana, 45 (1), 23-31.

SUIREZS, T. M; Pereyra, O.; Bobadilla E, A.; Weber, E.; Bernio, J. C.; Wanderer. R. 2007. Absorción, retención y penetrabilidad en maderas de corta durabilidad impregnadas por los métodos baño caliente-friío y vacío-presión. CODIGO ISIF: II 17.

SUIREZS, T. M.; Weber E.; Bobadilla, E. A.; Pereyra, O.; Magnago, S. 2010a. Absorción en maderas impregnadas por los métodos sim presión y a presión. Trabajo presentado 2do Congreso Iberoamericano de Protección de la Madera. 2010, Mar del Plata, Argentina.

SUIREZS, T. M.; Bobadilla, E. A.; Stehr, A. M.; Pereyra, O.; Arguelles, T.; Weber, E. M.; Magnago, S.; Martínez, S.; Vera, L.; Almada, C.; MOREL, M. 2010b. Durabilidad natural de la madera de *Pinus elliottii* x *Pinus caribea* var. *Hondurensis* (pino híbrido) frente a la acción de dos especies de hongos xilófagos. 14as Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 10 al 12 de junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina.

SUIREZS, T. M.; Arenhardt O.; Stehr, A. M.; Bobadilla, E, A; Weber, E.; Bragañolo, A. 2013. Durabilidad natural y pesos específicos aparentes del *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn. (Cedro rosado) cultivado en la provincia de Misiones. 13th international Congress of Science and Technology of Metallurgy and Materials. ISBN 978-950-579-276-4. Puerto Iguazú, Argentina.

TINTO, J. C. 1980. Manual para Tratamientos Protectores de Productos Forestales. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 62 pp.

TORTORELLI, L. A. 1956. Maderas y bosques argentinos. ACME, S.A.C.I. Maipú Buenos aires. 895 pp.

TUSET, R.; Durán, F. 1979. Manual de maderas comerciales equipos y procesos de utilización. Editorial agropecuaria, hemisferio sur S.R.L. Montevideo, Uruguay. 688 pp.

VIGNOTE PEÑA, S.; Martínez Rojas, I. 2006. Tecnología de la madera. 3^a edición. S.A. Mundi-prensa libros. Madrid. 678 pp.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

La Revista Forestal YVYRARETA es una publicación de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, en la que se dan a conocer resultados de investigaciones en un amplio campo de las áreas científicas forestales.

Los trabajos deben ser originales, inéditos y de actualidad técnico científica. Los artículos serán: Trabajos de investigación comprenden resultados de estudios experimentales o descriptivos llevados a cabo hasta un punto que permita la deducción de conclusiones válidas; Comunicaciones: trabajos que contengan resultados de investigaciones en curso, o que desarrollen una nueva técnica o metodología; Revisiones: trabajos que resuman el estado actual del conocimiento sobre un tema. La aceptación de todos los trabajos recibidos para publicación estará basada en la revisión del comité editorial y los árbitros que se consideren necesarios.

FORMATO

Los trabajos deberán ser presentados en hojas de formato A4, escritas a doble espacio e impresas en procesador de texto Microsoft Word para Windows, cada página numerada en la parte inferior derecha, con márgenes izquierdo, superior e inferior de 2,5cm y derecho de 2cm. Podrán tener hasta un máximo de 15 páginas. Todas las partes de la estructura deberán ir alineadas al margen izquierdo, en mayúscula y en negrita. Si hubiera subtítulos, en minúscula y negrita. Al comienzo de las oraciones dejar una tabulación de 1,25cm. Fuente Times New Roman tamaño 12.

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

La estructura de los trabajos responderá al siguiente ordenamiento:

- « **Carátula:** TITULO, en castellano e inglés; **AUTORES:** Nombre y apellido completo, centrado y en minúscula, en negrita, con llamadas numeradas. Debajo de los autores, alineados a la izquierda, colocar: títulos, cargo e institución, incluyendo dirección completa y correo electrónico.
- « Comenzar en otra página con:
- « **Título:** en castellano e inglés, debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula, negrita y centrado.
- « **Resumen:** Es una síntesis del texto de hasta 200 palabras presentando los aspectos más relevantes del trabajo: problema estudiado, importancia, objetivos, materiales y métodos, resultados y conclusiones. No citar literatura, citas, llamados a cuadros y figuras. Estará escrito en español (Resumen) y en inglés (Summary).
- « **Palabras Clave:** Son palabras que indican al lector los temas a los que hace referencia el artículo, Su número debe ser de cuatro a seis, y no deben estar contenidas en el título. Van después del resumen.
- « **Key Words:** Son las mismas palabras enlistadas en el apartado anterior, pero en inglés. Se sitúan inmediatamente después del Summary.
- « **Introducción:** Debe indicar claramente el objetivo e hipótesis de la investigación y su relación con otros trabajos relevantes. Estos, los trabajos, deberán citarse, hay dos casos: con el autor y sólo el año de publicación entre paréntesis; y otro caso de el autor y el año entre paréntesis, ya que luego aparecerá en la bibliografía. En caso de un autor el Apellido y seguido del año, (LÓPEZ 1980); en el caso de dos autores colocar "y", (LÓPEZ y MARTÍNEZ 1990) y más de dos colocar "et al.", (LOPEZ et al., 1985).
- « Por ejemplo: En comparación con el presente trabajo, VEILLON (1976) contó 278 individuos...; o como así también en los planes de mejoramiento (REPPETI, 1990).
- « **Materiales y Métodos:** la descripción de los materiales debe ser en forma concisa y si las técnicas o procedimientos utilizados han sido publicados sólo deberá mencionarse su fuente bibliográfica, e incluir detalles que representen modificaciones sustanciales del procedimiento original.
- « **Resultados y Discusión:** Estos se presentarán en lo posible en cuadros y/o figuras, que serán respaldados por cálculos estadísticos, evitando la repetición, en forma que en cada caso resulte adecuada para la mejorinterpretación de resultados. Se explicarán los resultados obtenidos y se confrontarán con los de otros trabajos así como con los conocimientos científicos existentes. Las denominaciones serán: tablas; figuras (mapa, organigrama), y gráfico (representaciones gráficas), deben ir incorporadas en el texto con numeración arábiga, en negrita, minúscula. Los títulos de las tablas deben ir en la parte superior, y de gráficos y figuras en la inferior. Si los Gráficos y figuras no son muy complejas que no superen un ancho de 7,5cm. Las tablas solo deben tener líneas simples horizontales en los encabezados de las mismas y al final. Los gráficos y fotos serán impresos en blanco y negro. Los títulos de tablas, figuras y gráficos con traducción al inglés.
- « **Conclusión:** Debe ser basada en los resultados obtenidos y ofrecer, si es posible, una solución al problema planteado en la introducción.
- « **Agradecimientos:** En esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.

tores (apellido e iniciales de los nombres), el primer apellido con mayúscula, año de publicación, Título, Editorial, Lugar de publicación, Número de volumen y de páginas. En caso de **Revistas**: Autores (apellido e iniciales de los nombres), el primer apellido con mayúscula, año de publicación, Título del artículo, nombre de la revista o publicación, Número de volumen y de Revista y páginas del artículo. El formato deberá ser con sangría francesa a 0,5 cm. Ejemplos: **Libro**: KOZLOWSKI T.T. 1984. Flooding and Plant Growth. Academic Press. New York. 365pp. **Revista**: MOSS D.N., E. SATORRE. 1994. Photosynthesis and crop production. Advances in Agronomy. 23, pp 639 -656. **Publicación**: RIQUE, T.; PARDO, L.; 1954. Estudio de goma obtenida de espina de corona (*Gleditsia amorphoides*). Buenos Aires. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Administración Nacional de Bosques. Publicación técnica número 19, 30 pp.

« **Abreviaturas y Nombres Científicos**: Las abreviaturas de nombres, procedimientos, etc. deben ser definidos la primera vez que aparezcan. Las abreviaturas de carácter físico se escribirán de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI). Cuando una especie es mencionada por primera vez en el texto principal, deberá colocarse el nombre vulgar (si lo tiene) y el nombre científico (en cursivo) con el autor. Subsecuentemente, se podrá usar el nombre vulgar o científico sin autor. En el Título deberá incluirse el nombre científico con su autor.

CÓMO ENVIAR MATERIAL A LA REVISTA YVYRARETA

« Lugar de envío, requerimientos y forma de evaluación: **Los manuscritos serán enviados a: Comité Editorial, Revista Forestal Yvyraretá, vía formulario online o en su defecto por e-mail: revistayvyrareta@gmail.com**

« Todas las contribuciones serán evaluadas por pares anónimos nombrados por el Comité Editorial, quienes determinarán la calidad científica del material, la originalidad, la validez, la importancia del trabajo y la adaptación a las normas de publicación de la Revista YVYRARETA. Dicho Comité comunicará su aceptación provisional o su no aceptación para publicación, así como las posibles modificaciones sugeridas en un plazo máximo de dos meses a partir de su recepción. La redacción se reserva el derecho de suprimir ilustraciones y alterar el texto sin que ello modifique el contenido.

« **El autor de correspondencia con el Comité Editor, al enviar el artículo para su evaluación (si fueran varios autores), acepta que:**

1. **Los datos contenidos son exactos y las afirmaciones realizadas son fruto de la cuidadosa tarea de investigación de los autores;**

2. **Todos los autores han participado en el trabajo en forma sustancial y asumen la responsabilidad por el mismo;**

3. **El trabajo que se envía no ha sido publicado totalmente ni en parte ni tampoco ha sido enviado a otras revistas para su publicación. Se exceptúan de esta norma los trabajos originados en tesis de posgrado.**

4. **Los conceptos de los trabajos son de total responsabilidad de los autores. Ni la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM, ni la Revista Forestal YVYRARETA se responsabilizan por tales conceptos emitidos.** Una vez aceptados para publicación, los artículos admitidos son de propiedad de la Revista y su reproducción deberá ser convenientemente autorizada por escrito por el editor.

5. **Derechos de autor:** al enviar el artículo para su publicación, cuando aceptan las normas de publicación manifiestan la originalidad del artículo y transfieren los derechos de autor.

6. **La aceptación del artículo, comunicación y/o ficha para su evaluación no implica que el mismo será publicado.** Deberá ser evaluado y aprobado por los pares evaluadores para ser aceptado para su publicación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



Facultad de
Ciencias Forestales

SECRETARÍA DE CIENCIA,
TÉCNICA Y POSTGRADO

www.yvyrareta.com.ar