



Yvyraretá

Revista Forestal País de Arboles



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES



29

DICIEMBRE 2021

www.yvyrareta.com.ar



**SECRETARIA DE CIENCIA Y
TÉCNICA**

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 Fabian ROMERO

Vice-Decano

Dr. Ing. Diego Ricardo BROZ

Sec. Académica

Lic. Maria Cristina BISCHOFF

Sec. de Postgrado

Ing. Guillermo WOITSCHACH

Sec. Extensión

Ing. Juan Mauricio QUEZADA

Sec. Extensión Adjunto

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

Secretaria Técnica

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH

EDITORIAL

Los cambios de uso continuo del suelo, las actividades extractivas, los avances de las fronteras agrícolas y forestales, entre otros, contribuyen al cambio climático y para su abordaje y mitigación requieren, entre otros aspectos, conocimientos que aporten a los programas de conservación, restauración y productividad sustentable.

La edición N° 29 de la Revista Yvyrareta presenta artículos, comunicaciones y ficha técnicas vinculados a la evaluación de actividades de regeneración natural, implantación y restauración de bosques nativos, degradados, secundarios e implantados de diversos lugares del país. Por otro lado, también incluye estudios de propagación *in vitro*, una alternativa para la propagación de especies vegetales vulnerables o en peligro de extinción que no ofrecen recompensas polínicas a sus polinizadores. Siguiendo en la línea de la conservación, se incluyen estudios de la trazabilidad de la ruta de mieles de misiones y de la conservación de bosques de araucaria del sur del país.

En este sentido, el presente número de la Revista sigue generando conocimientos a actividades que aportan al desarrollo sostenible de la región.

Ing. Forestal Héctor Fabian 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.

Prof. Esp. Carolina Reckziegel/ Ing. Susana Mariela Teresczuch / Est. Pierina Kahlstorf

Editor Responsable:

Ing. Héctor Fabian Romero

Editor Científico:

Prof. Paola Fernanda Duarte

Editor Técnico:

Ing. Susana Mariela Teresczuch

Revisión de texto en inglés:

Prof. Mónica Fortmann

EVALUADORES DE ESTE NÚMERO

M.Sc. Lidia López Cristóbal (FCF UNaM)

M.Sc. Sara Regina Barth (EEA INTA Montecarlo-FCF UNaM)

M.Sc. Cesar Enrique Sirka (UNaF-FRN)

M.Sc. Darwin Caceres (UNaF-FRN)

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

M.Sc. Gabriela Verzino (FCA-UNC)

M.Sc. Delia Marlene Dummel (EEA INTA Montecarlo-FCF UNaM)

Dra. María Begoña Riquelme Virgara (UNLu y FAUBA-CONICET)

M.Sc. Adriana Elizabeth Ortin Vujovich (FCN-UNAS)

Dr. Eleandro José Brun (UTFPR)

Dra. Ana Arambarri (FCAyF UNLP)

Dra. Rebeca Alicia Menchaca García (Centro de Investigaciones Tropicales- Universidad Veracruzana)

Dra. Magali Verónica Méndez (FCA UNJu)

Dra. Cristina Salgado Laurenti (Facultad de Ciencias Agrarias – UNNE)

EDITORES ASOCIADOS A ESTE NUMERO

M.Sc. Ramón Alejandro Friedl (FCF UNaM)

M.Sc. Beatriz Irene Eibl (FCF UNaM)

M.Sc. Teresa María Suirezs (FCF UNaM)

Dr. Fermín Gortari (FCF UNaM)

Dra. Evelyn Raquel Duarte (FCF UNaM)

Tapa y Contratapa: Cultivo *in vitro* de *Cyrtopodium hatschbachii*. Brotes obtenidos por organogénesis. Germinación *in vitro* y organogénesis a partir de segmentos de planta. Laboratorio de Propagación Vegetativa, Conservación y Domesticación de Recursos Fitogenéticos (LAPROVECO-FCF-UNaM)

Fotos: Est. Jonathan Holzmaisters

Diseño: Lic. Melisa Jeanet Vega / Est. Jonathan Holzmaisters

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, ambientales y agronómicas

La periodicidad de la misma es anual.

Se imprimen 50 ejemplares

Indizada en LATINDEX

Indizada en CAB ABSTRACTS

ISSN: 2469-004X (versión en línea)

ISSN: 0328-8854 (versión impresa)

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

Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a:

Sr. Editor Científico. Facultad de Ciencias Forestales.

Bertoni 124. 3380. Eldorado, Misiones, Argentina.

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

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

ÍNDICE

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- EVALUACIÓN DEL ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE NATIVO CON *Bastardiopsis densiflora* (Hook Et Arn) Hassl Y DE LA REGENERACIÓN NATURAL, EN GUARANI MISIONES ARGENTINA.....6
 EVALUATION OF NATIVE FOREST ENRICHMENT WITH *Bastardiopsis densiflora* (Hook Et Arn) Hassl AND NATURAL REGENERATION IN GUARANI MISIONES ARGENTINA.
 Oscar Alejandro Pérez; Claudio Javier Dummel; Julio Roberto Fabian Grance; Domingo César Maiocco; Luis Alberto Grance; Alicia Mónica Stehr
- EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ESPECIES NATIVAS PARA LA REFORESTACIÓN DE BOSQUES DE TALA DEGRADADOS POR ACTIVIDAD MINERA.....15
 PRELIMINARY EVALUATION OF NATIVE SPECIES FOR REFORESTATION OF TALA FORESTS DEGRADED BY MINING ACTIVITY.
 Hernán Schroh; Micaela Medina; Maia Plaza Behr; Juan Goya; Carolina Perez
- EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y APTITUD DE *Hovenia dulcis* Thunb. EN ENRIQUECIMIENTO DE UN BOSQUE SECUNDARIO, SANTIAGO DE LINIERS – MISIONES.....23
 GROWTH AND APTITUD EVALUATION OF *Hovenia dulcis* Thunb. IN SECONDARY FORESTS ENRICHMENT, SANTIAGO DE LINIERS – MISIONES.
 Alejandro Roberto Vargas; Mathías Isaac López; Enzo Martín Sanzovo; Domingo César Maiocco; Alicia Mónica Stehr
- EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO INICIAL DE *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE MANEJO EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA.....30
 EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT AND EARLY DEVELOPMENT OF *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer UNDER DIFFERENT MANAGEMENT TREATMENTS IN THE NORTH OF THE PROVINCE OF MISIONES, ARGENTINA.
 Diego Broz; Silvia Korth; Alejandro Roberto Vargas; Hernan Sosa; Christian Bulman Hartkopf; Juan Carlos Camargo; Ignacio Gutierrez
- EFFECTO DEL TIPO DE POLINIZACIÓN EN LA FORMACIÓN DE FRUTOS Y CAPACIDAD GERMINATIVA DE LAS SEMILLAS DE *Cyrtopodium hatschbachii* Pabst.....43
 EFFECT OF POLLINATION TYPE ON FRUIT FORMATION AND GERMINATION CAPACITY OF SEEDS OF *Cyrtopodium hatschbachii* Pabst.
 Evelyn Raquel Duarte; Rosana Rubenich; Peggy Noemi Thalmayr; Lorena Marcela Ortiz; Sandra Patricia Rocha; Fernando Omar Niella; Guillermo Küppers
- APORTES PRELIMINARES AL CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO POLÍNICO DE MIELES: CAMINO A LA TRAZABILIDAD DE LAS MIELES DE MISIONES, ARGENTINA.....52
 PRELIMINARY CONTRIBUTIONS TO THE KNOWLEDGE OF POLLEN CONTENT OF HONEYS: ROAD TO TRACEABILITY OF HONEY FROM MISIONES, ARGENTINA.
 Yanet Aquino; Dora Miranda; Rocío Molina; Naldo Pellizzer

COMUNICACIÓN

SINTOMATOLOGÍA E INSECTOS FITÓFAGOS ASOCIADOS AL DECAIMIENTO DE LA *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch RECIENTEMENTE OBSERVADA EN LOS BOSQUES DE ARGENTINA.....62
SYMPTOMATOLOGY AND PHYTOPHAGOUS INSECTS ASSOCIATED WITH THE DECAY OF THE *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch RECENTLY OBSERVED IN THE FORESTS OF ARGENTINA.

Sergio Igor Tiranti; Hernán Alberto Mattes Fernández; Javier Sanguinetti

FICHA TÉCNICA

MORFOLOGÍA POLÍNICA DE PLANTAS LEÑOSAS DE MISIONES, ARGENTINA *Senegalia tucumanensis* (Griseb.) Seigler & Ebinger.....68

Yanet Aquino; Dora Miranda

EVALUACIÓN DEL ENRIQUECIMIENTO DE BOSQUE NATIVO CON *Bastardiopsis densiflora* (Hook Et Arn) Hassl Y DE LA REGENERACIÓN NATURAL, EN GUARANI MISIONES ARGENTINA.

EVALUATION OF NATIVE FOREST ENRICHMENT WITH *Bastardiopsis densiflora* (Hook Et Arn) Hassl AND NATURAL REGENERATION IN GUARANI MISIONES ARGENTINA.

Fecha de recepción: 17/11/2020 // Fecha de aceptación: 28/10/2021

Oscar Alejandro Pérez

Ingeniero Forestal.
Profesional independiente.
San Vicente, Misiones.
opez@laharrague.com

Claudio Javier Dummel

Ingeniero Forestal. Profesor
Adjunto de la Facultad de
Ciencia Forestales - UNaM.
Bertoni 124 – Eldorado –
Misiones.
cdummel@gmail.com

Julio Roberto Fabian Grance

Ingeniero Agrónomo.
Docente de la Facultad de
Ciencia Forestales - UNaM.
Bertoni 124. 3382
Eldorado, Misiones -
Argentina.
juliogrance@gmail.com

Domingo César Maiocco

M. Sc., Profesor Asociado
Facultad de Ciencia
Forestales - UNaM. Bertoni
124. Eldorado, Misiones -
Argentina.
domingo.maiocco@fcf.unam.
edu.ar

RESUMEN

El ensayo se instaló en 1992, en la Reserva de Uso Múltiple Guaraní, Misiones, utilizándose la metodología de plantación en fajas dentro del bosque nativo, con *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl. El objetivo de este trabajo fue evaluar la plantación a los 15 años de edad; además comparar la regeneración natural presente en las fajas de plantación de 4 m de ancho (DF) y las fajas de bosque nativo entre ellas (EF). En los años 1993, 2001 y 2008 se censaron las especies comerciales mayores a 1 m de altura y menores a 9,99 cm de DAP; también se instalaron parcelas de 15 m² para evaluar la regeneración natural mayor a 10 cm de altura y menores a 9,99 cm de diámetro presentes en las fajas de plantación y entre ellas. La apertura de las líneas de plantación favoreció la instalación de especies comerciales, con un aumento en el número del 25 % entre 1993 - 2001, y del 30 % para el período 2001 - 2008. Al comparar la regeneración natural, se observaron diferencias significativas sólo para las especies comerciales con alturas superiores a 50 cm, considerando las variables número de especies e individuos.

SUMMARY

The trial was implemented in the Guaraní Multiple Use Reserve, Misiones in 1992 using the methodology of planting strips of *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl within the native forest. The objective of this study was to evaluate the plantation at the aging of 15 years; and also to compare the natural regeneration present in the 4 m wide plantation strips (DF) and the native forest strips between them (EF). In 1993, 2001 and 2008, commercial species greater than 1 m in height and less than 9.99 cm diameter at breast height (DBH) were surveyed; 15 m² plots were also set up to evaluate the natural regeneration greater than 10 cm in height and less than 9.99 cm in diameter present in the plantation strips and among them. The opening of strips in the plantation lines increase the number of commercial species, of 25 % between 1993 - 2001, and 30 % for the period 2001 - 2008. When comparing natural regeneration, significant differences were observed only for commercial species with heights greater than 50 cm, considering the following variable number of species and

Luis Alberto Grance

Ingeniero Forestal. Profesor titular de la Facultad de Ciencia Forestales - UNaM. Bertoni 124. 3382 Eldorado, Misiones - Argentina. lgrance@yahoo.com.ar

Alicia Mónica Stehr

Ingeniera Forestal. Docente de la Facultad de Ciencias Forestales - UNaM. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. alicia.stehr@fcf.unam.edu.ar

A los 15 años de implantado, *Bastardiopsis densiflora* alcanzó un volumen acumulado de 1,45 m³/ha y el 29 % de las plantas sobrevivieron. Mantener el ancho de faja constante en 4 m, favoreció el establecimiento del número de especies comerciales.

Palabras clave: Selva paranaense, plantación en fajas, especie nativa, rehabilitación del bosque, plántulas.

individuals. At 15 years of implantation *Bastardiopsis densiflora* reached a cumulative volume of 1.45 m³ / ha and 29 % of the plants survived. Keeping in time the strips 4 m wide increase the establishment in the number of commercial species.

Key words: Paranaense Forest, plantation in strip, native species, rehabilitation of the forest, seedling.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Misiones existen aproximadamente 1.612.558 ha de Bosques Nativos (BN) pertenecientes, según ordenamiento territorial, a las categorías roja (233.083 ha), amarilla (901.617 ha) y verde (477.858 ha); datos obtenidos del Boletín Oficial de la República Argentina (2021), bajo la normativa de la ley XVI N° 105 (Ley de ordenamiento territorial de los bosques nativos de Misiones). De esta superficie, 476.000 ha están bajo el sistema de Áreas Naturales Protegidas (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2021). Estas áreas protegidas se rigen por las leyes: XVI – N° 29 – ex Ley 2932 (ley de áreas naturales protegidas), XVI N° 7 – ex Ley N° 854 (ley de bosques) y XVI – N° 53 – ex Ley 3426 (ley de bosques protectores). Estas áreas comprenden 22 parques provinciales, 4 áreas protegidas nacionales, 28 reservas privadas y 1 reserva de biósfera (DIGESTO JURÍDICO PROVINCIA DE MISIONES, 2021).

Los BN se vienen explotando mediante cortas selectivas por entresaca, siguiendo el criterio de diámetros mínimos de corta, lo que no garantiza una producción sostenida, principalmente porque se extrae un volumen de madera superior al crecimiento de la masa; concentrado en un restringido número de especies. Sumado a ello, es preocupante la falta de control por parte de los organismos oficiales y la escasa información existente sobre la dinámica de la selva paranaense.

El estudio del crecimiento y de la regeneración natural es fundamental para el planeamiento de la producción de los bosques, y para la toma de decisiones silviculturales y económicas.

De la regeneración natural dependerá la futura estructura del bosque, su eficiencia y sus beneficios directos e indirectos, por lo cual es de fundamental importancia caracterizar el comportamiento de la misma.

Los bosques que han sido sometidos a extracción selectiva en Misiones tienen en general un alto deterioro en su estructura y funcionamiento. La disminución de abundancia de especies forestales de mayor valor comercial debido a la extracción, y a su regeneración limitada en sitios invadidos por bambúseas y lianas después del aprovechamiento, disminuyen el valor maderable de los bosques restándole importancia como alternativa económica para las poblaciones locales (CAMPANELLO, 2004; DE LOS SANTOS, 2007).

En cuanto a la evaluación de la regeneración natural, las publicaciones son escasas en lo referente a su evolución por limpiezas o por el mismo efecto que causan las explotaciones comerciales. Entre los que se puede nombrar a EIBL *et al.* 1993, BULFE, 2008, BACALINI *et al.*, 2009.

Como antecedentes en el área de estudio se puede citar a GRANCE y MAIOCCO (1995), quienes determinaron que la apertura de fajas en BN favorece a la regeneración natural, en donde se realizó un enriquecimiento con Loro blanco (*Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl).

BULFE *et al.* (2005) estudiaron los efectos de la limpieza del sotobosque sobre la regeneración natural, mencionando dichos autores, efectos positivos sobre las especies de interés comercial.

Según MARIOT (1987), en bosques con diferentes niveles de explotación, el número total de renovales por hectárea permanece más o menos constante, pero cambia la participación de las diferentes especies.

La experiencia en los ecosistemas tropicales y subtropicales sugieren que cuando el aprovechamiento provoca aperturas grandes y concentradas, no siempre se beneficia a la regeneración arbórea de especies deseables, ya que se produce una rápida ocupación por especies heliófitas especialistas en claros grandes (GUARIGUATA *et al.*, 2001).

Bajo esta perspectiva de la pérdida de capacidad de regenerarse naturalmente, hay opciones para recuperar su productividad a corto y mediano plazo mediante enriquecimiento con especies nativas de valor comercial. Estas técnicas en la provincia de Misiones se iniciaron aproximadamente en el año 1947, consistiendo básicamente en plantaciones en macizo de pequeñas superficies, excepcionalmente superiores a 2 ha, y en todos los casos con plantines provenientes de regeneración natural del bosque nativo (GRANCE y MAIOCCO, 1995).

En la mayoría de los casos estos ensayos, no proporcionaron resultados a largo plazo por diversos motivos: el principal, que las instituciones u organismos que los establecieron no perduraron en el tiempo o depende del tiempo que el personal a cargo permanece en la empresa (GRANCE y MAIOCCO, 1995).

El objetivo general de este trabajo fue evaluar la plantación bajo cubierta del loro blanco a los 15 años de edad y la regeneración natural en las fajas de enriquecimiento, en distintos periodos. Se buscó además comparar la regeneración natural presente en las fajas de enriquecimiento, respecto a la presente en las entre fajas (sin limpieza), bajo la hipótesis que el mantenimiento (limpiezas) de las fajas de enriquecimiento favorecen el establecimiento de la regeneración natural.

MATERIALES Y METODOS

Los estudios se llevaron a cabo en la Reserva de Usos Múltiples Guaraní (RUMG), que pertenece a la Universidad Nacional de Misiones, con administración técnica de la Facultad de Ciencias Forestales. La misma se encuentra ubicada en el Departamento Guaraní, Municipio de El Soberbio, a los 26° 57' de latitud Sur y 54° 15' de longitud Oeste a 150 km de Eldorado; cuya superficie total es de 5.343 ha (PALAVECINO y MAIOCCO, 1995).

Fitogeográficamente el área de estudio corresponde al dominio de la Selva Paranaense, distrito de las selvas mixtas (CABRERA, 1994).

El clima de la región corresponde, según Köppen, al tipo Cfa, siendo subtropical mesotérmico sin estación seca. La precipitación media anual es de 1.800 mm, con un régimen Isohigro. La temperatura media anual es de 21 °C, presentando una media de 25 °C en el mes más cálido (enero) con máximas absolutas de 39 °C; en el mes más frío (julio) la temperatura media es de 14 °C, con una mínima absoluta de -6 °C (EIBL *et al.* 1995).

El tipo de suelo pertenece al orden Oxísoles, suborden Ortodoxes, gran grupo Haplortoxes, subgrupos típicos; consideradas tierras aptas, profundas o moderadamente profundas, bien drenados y no pedregosas (PAHR *et al.* 1997); el sitio presenta una pendiente menor al 20 %; y una altitud entre 480 y 500 m.s.n.m.

El ensayo fue instalado en el año 1992, y consistió en un enriquecimiento en fajas de bosque nativo, en donde la especie seleccionada fue *Bastardiopsis densiflora* en una superficie de 1 ha (GRANCE y MAIOCCO, 1995). Las fajas fueron orientadas de Este a Oeste, estando separadas 25 m entre ejes; la distancia de plantación fue de 5 m entre plantas, obteniéndose de esta manera 80 plantas/ha.

En el primer año del ensayo (1993) se realizaron cuatro limpiezas, que consistieron fundamentalmente en macheteo de las fajas, corte de lianas y tacuaras, carpidas en un diámetro de 1 m alrededor de las plantas y eliminación de árboles indeseables (cortas de mejora). También en ese mismo año se procedió al ensanchamiento de las fajas a 4 m de ancho (2 m hacia ambos lados del eje), manteniendo en pie la regeneración natural de especies comerciales. En ese mismo año se realizó un censo del estrato arbóreo, dentro del área en estudio, de las especies mayores o iguales a 10 cm de DAP. Los datos relevados fueron especie, DAP, altura de fuste, altura total y forma de fuste. El área contaba con 213 árboles/ha pertenecientes a 42 especies, con 22 familias botánicas y un área basal de 18,67 m²/ha. Las cortas de mejora del estrato arbóreo (eliminación de especies no comerciales y árboles sobremaduros y defectuosos) se realizó sobre 57 árboles, removiéndose 2,26 m²/ha de área basal. En el año 2008, en un censo similar, el área contaba con 241 árboles/ha pertenecientes a 44 especies, de 24 familias botánicas y 17,68 m²/ha de área basal.

Para el monitoreo del enriquecimiento con loro blanco se realizaron mediciones en los años 1992, 1993, 2001 y 2008, registrándose para cada individuo el DAP (cm) y altura estimada (m). Esto permitió evaluar la sobrevivencia y crecimiento. Para el cálculo del volumen de esta especie se utilizó el modelo del Inventario Nacional de Bosques Nativos que calcula el volumen hasta la base de la copa, incluyendo la corteza, definida por la siguiente ecuación SDSyPA (2001):

$$V = 0,05846 + 0,00005457 * DAP * Hbc$$

Donde el DAP es diámetro a la altura de pecho y Hbc es altura hasta la base de copa o altura comercial.

Complementariamente en los años 1993, 2001 y 2008 en las fajas de plantación (4 m) también se censó las especies comerciales (EC) a partir de 1 m de altura y menores a 10 cm de DAP, registrándose por individuo la especie y su altura estimada, las que posteriormente fueron agrupadas en 3 clases de altura; Clase 1 (1 - 1,49 m), Clase 2 (1,5 - 2,99 m) y Clase 3 (\geq 3 m de altura y con un DAP menor a 9,99 cm); las cuales fueron evaluadas estadísticamente entre años de medición, con modelos lineales mixtos, y en el contraste de las medias se utilizó la prueba de Di

Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC, $\alpha=0,05$), tomando como unidad muestral la faja (4 parcelas).

Para evaluar la RN en el 2008, se relevaron parcelas dentro de las fajas (DF – zonas con limpieza) y entre las fajas (EF – zonas sin limpieza), se distribuyeron en forma sistemática 16 parcelas de 15 m² (1 m de ancho por 15 m de largo) por tratamiento (figura 1), los que suman 240 m² por tratamiento, en las que se registró los individuos presentes, estableciéndose los siguientes grupos: para la totalidad

de individuos a partir de 10 cm altura y menor a 10 cm de DAP (RN-10), para todos los individuos que superen los 50 cm de altura y menor a 10 cm de DAP (RN-50); este último agrupamiento también se efectuó con las individuos pertenecientes exclusivamente a especies comerciales (RN-EC); indicándose la especie y el número de ejemplares por parcela. Los datos fueron analizados, con modelos lineales mixtos, y para el contraste de las medias se utilizó la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC, $\alpha=0,05$).

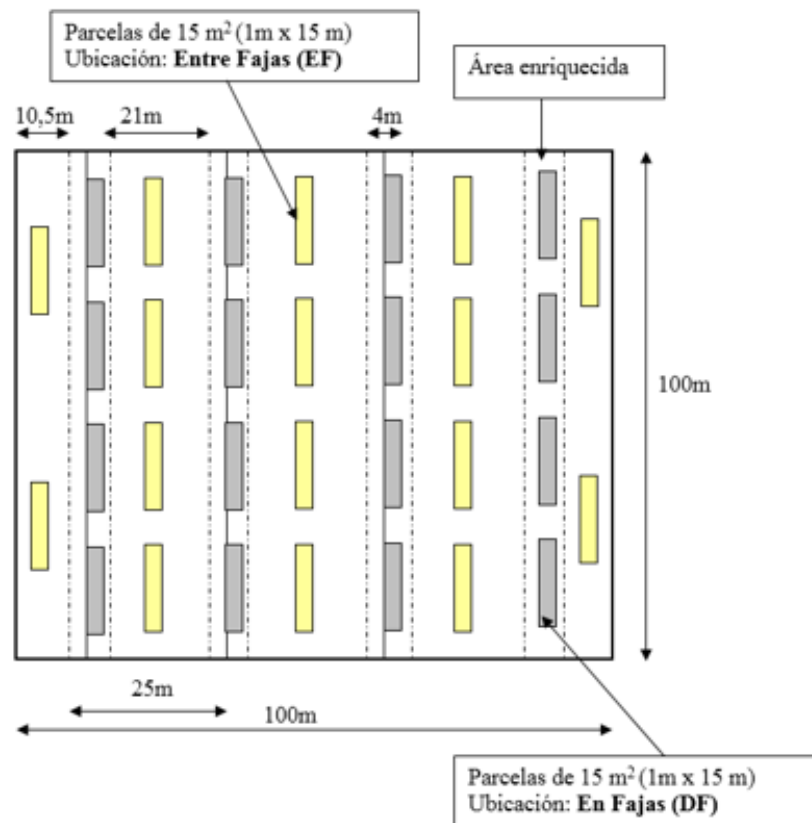


Figura 1. Distribución de las parcelas de regeneración natural, en las fajas de enriquecimiento (DF) y entre las fajas (EF).

Figure 1. Distribution natural regeneration plots in the enrichment line (DF) and between the strips (EF).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La supervivencia del loro blanco a los 15 años de edad, sobre una densidad inicial de 80 árboles/ha en 1992; fue en el año 2001 de 38,75 % ya que se relevaron 32 individuos/ha; en el año 2008 la plantación estaba compuesta de 23 árboles/ha, lo que representó una supervivencia de 28,74 %. Combinado con la conducción de la regeneración natural, estos valores de supervivencia permiten inferir que las técnicas de implantación bajo cubierta son positivas cuando se realizan periódicamente el corte de lianas, bambúseas y apertura del dosel.

A los 15 años la plantación de loro blanco cuenta con un volumen de 1,45 m³/ha, lo que representa un volumen medio por árbol de 0,06 m³, DAP medio de 14,5 cm y una altura media de 11,75 m.

En cuanto al censo en las fajas, la distribución de la regeneración natural de EC (especies comerciales a partir de 1 m de altura y menor a 10 cm de DAP) por clases de altura, en los años 1993 y 2001, el 45 y 44 % respectivamente se concentró en la clase 2, no así para el año 2008 donde el mayor porcentaje de individuos se concentró en la clase 3 con un 45 %.

En la evaluación de la regeneración natural de EC se encontró diferencias estadísticas significativas, entre los años de medición (tratamiento), tanto para el número de especies, como para el número de individuos con un valor de $p < 0,0001$, tanto para los valores de F y t .

En el año 1993 las fajas contaban con 70 ejemplares de la regeneración natural de EC, pertenecientes a 16 especies, entre las cuales *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., estaba representada por 24 ejemplares, *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., contaba con 11 ejemplares y las especies *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin, *Aspidosperma australe* Müll. Arg. y *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. estuvieron representados cada uno de ellos por 6 ejemplares. Estas 5 especies representaban el 75,71 % del total de EC presente en las fajas de enriquecimiento.

Se puede inferir que los trabajos de limpieza y apertura del dosel, propiciaron el establecimiento y crecimiento de EC, lo que se manifestó para el año 2001, en el aumento del número de ejemplares a partir de 1 m de altura a 311, distribuidos en 20 especies. En el año 2008 se hallaron 476 ejemplares, pertenecientes a 25 especies comerciales, entre las cuales *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. fue la especie más abundante con 91 ejemplares, seguida de *Nectandra lanceolata* Nees (63 ejemplares), *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart. (59 ejemplares), *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. (50 ejemplares), *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez. (36 ejemplares), *Cedrela fissilis* Vell. (30 ejemplares), *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (23 ejemplares),

Aspidosperma australe Müll. Arg. (17 ejemplares), *Lonchocarpus leucanthus* Burkart (15 ejemplares) e *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (14 ejemplares). Estas 10 especies representan el 86,61 % de los ejemplares encontradas en las fajas de enriquecimiento de la regeneración natural de EC.

En la tabla 1 se puede apreciar, para los 3 años de medición, la regeneración natural de EC por Familia y la cantidad de individuos por especie.

En la evaluación de la RN, para el año 2008, en las parcelas de 15 m² distribuidas en las fajas (DF, con limpieza) y entre fajas (EF, sin limpieza), considerando el análisis estadístico realizado para las variables número de especies e individuos para el total de especies encontradas partir de 10 cm de altura (RN-10) y a partir de 50 cm de altura (RN-50), no se detectó diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados (RN-EF y RN-DF).

En cambio, el análisis estadístico para las especies comerciales (RN-EC) > a 50 cm de altura para la variable número de especies y número de individuos, se detectó la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos RN-EF y RN-DF, cuando fue considerada la RN-EC, en cuanto al número de especies ($F = 15,71$, $t = -3,96$; $p < 0,0012$) e individuos ($F = 10,63$, $t = -3,36$; $p < 0,0053$).

A los efectos de una mejor interpretación los valores obtenidos de la RN-EC se referirán a la unidad de superficie ha, para 23 especies comerciales presentes dentro de las parcelas de las fajas de enriquecimiento (RN-DF); se estima la existencia de 5.333 ejemplares/ha; en tanto en las parcelas entre fajas (RN-EF) el valor estimado es de 2.666 ejemplares/ha distribuidas en 18 especies. Estos resultados indican que hay una tendencia a encontrar más especies comerciales, y en mayor número dentro de las fajas (RN-DF) que entre las fajas (RN-EF).

Los resultados anteriores indican que las limpiezas pudieron haber favorecido la instalación de especies comerciales, mientras que si se consideran los resultados obtenidos para el total de las especies, posiblemente haya influido que, en el año 2006, hubo un fenómeno de mortalidad natural del tacuapí (*Merostachys clausenii* Munro). Este hecho generó grandes claros lo que pudo haber favorecido la instalación de especies no comerciales de temperamento heliófilo como ser *Myrsine balansae* (Mez) Otegui, que presenta la mayor abundancia tanto en las fajas como entre ellas.

Tabla 1. Listado de nombres comunes y científicos y familias de las especies comerciales (EC) a partir de 1 m pertenecientes a la regeneración natural en fajas de enriquecimiento con *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl, en los años 1993, 2001 y 2008, referidos a 1600 m².

Table 1. List of common and scientific names and families of commercial species (EC) from 1 m belonging to natural regeneration in enrichment strips with *Bastardiopsis densiflora* (Hook. & Arn.) Hassl, in 1993, 2001 and 2008, referred to 1600 m².

| Nombre común | Nombre científico | Familia | Año 1993 | Año 2001 | Año 2008 |
|-------------------|--|---------------|----------|----------|----------|
| Anchico blanco | <i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart | Fabaceae | | 5 | 6 |
| Anchico colorado | <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan | Fabaceae | 1 | 3 | 7 |
| Cacheta | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyererm. & Frodin | Araliaceae | 6 | 8 | 10 |
| Alecrín | <i>Holocalyx balansae</i> Micheli | Fabaceae | | | 1 |
| Cedro | <i>Cedrela fissilis</i> Vell. | Meliaceae | 4 | 35 | 30 |
| Cancharana | <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. | Meliaceae | 2 | 43 | 59 |
| Caroba | <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. | Bignoneaceae | 1 | 8 | 6 |
| Guatambú blanco | <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl. | Rutaceae | 24 | 44 | 50 |
| Guatambú amarillo | <i>Aspidosperma australe</i> Müll. Arg. | Apocináceae | 6 | 3 | 17 |
| Guayubira | <i>Cordia americana</i> (L.) Gottshling & J. E. Mill. | Borraginaceae | | 1 | 1 |
| Grapia | <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. | Fabaceae | 6 | 28 | 91 |
| Incienso | <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão | Fabaceae | 1 | 2 | 6 |
| Isapuy pará | <i>Machaerium paraguariense</i> Hassl. | Fabaceae | | 4 | |
| Laurel amarillo | <i>Nectandra lanceolata</i> Nees | Lauraceae | 2 | 61 | 63 |
| Laurel guaica | <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees | Lauraceae | 1 | 15 | 8 |
| Laurel negro | <i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees & Mart. | Lauraceae | 2 | 5 | 12 |
| Laurel ayuí | <i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez | Lauraceae | 1 | 11 | 36 |
| Marmelero | <i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn. | Polygonaceae | 1 | | 1 |
| Mora blanca | <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. ssp. iricurana (Casar.) Secco | Euphorbiaceae | | | 2 |
| Maria preta | <i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk. | Sapindaceae | | | 7 |
| Persigüero | <i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D. Dietr. | Rocaceae | | 2 | 6 |
| Peteribí | <i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud. | Borraginaceae | 1 | 17 | 23 |
| Rabo itá | <i>Muellera campestris</i> (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo | Fabaceae | | 1 | 15 |
| Sota caballo | <i>Luehea divaricata</i> Mart. | Tiliaceae | | | 1 |
| Vasuriña | <i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk. | Sapotaceae | | | 4 |
| Yerba mate | <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil. | Aquifoliaceae | 11 | 15 | 14 |
| | Total | | 70 | 311 | 476 |

La regeneración natural superior a 10 cm (RN-10) estimada para la entre faja fue de 11.750 ejemplares/ha, pertenecientes a 36 especies, agrupadas en 20 familias.; con un valor similar dentro de la faja, en la cual se calculó la presencia de 11.458 ejemplares/ha, distribuidos en 41 especies, pertenecientes a 21 familias. La tabla 2 muestra el total de las especies encontradas según tratamiento. Los valores de RN hallados, se encuentran en los rangos publicados por otros autores como ser EIBL *et al.* (1993) que, evaluando la RN a partir de 10 cm de altura, en una superficie de 4 ha, en Eldorado, Misiones encontraron 36.800 ejemplares/ha; en tanto MARIOT (1987) comparando la RN menor a 10 cm de DAP, en bosques sometidos a distintos niveles de

aprovechamiento, encontró una variación de 18.407 a 19.807 ejemplares/ha. En relevamientos de la RN realizado por GOTZ (1987) en el departamento Iguazú, Misiones principalmente para especies comerciales a partir de 10 cm de altura e inferiores a 12,5 cm de DAP determinó la presencia de 5.800 ejemplares/ha.

Entre los trabajos realizados en la RUMG, BULFE *et al* (2007) evaluó la RN en las vías de saca con diferentes intensidades de tránsito y en sitios no transitados, de dos sistemas de aprovechamiento, encontró 54 especies distribuidas en 28 familias botánicas; la RN evaluada en un período de dos años varió entre 11.875 a 38.125 ejemplares/ha a partir de 30 cm de altura.

En un estudio comparativo de la RN en bosques aprovechados con el criterio de diámetro mínimo de corta y espaciamiento uniforme EIBL *et al* (1996), determinaron la existencia de 22.266 y 54.333 ejemplares/ha respectivamente, a partir de su germinación y menores a 10 cm de DAP.

Tabla 2: Listado de nombres comunes y científicos de todas las especies encontradas en la evaluación, de la regeneración natural (RN-10), dentro de faja (DF), y entre faja (EF), referidos a 240 m².

Table 2. List of common and scientific names of all species found in the evaluation of natural regeneration (RN-10), within the line (DF), and between the line (EF), referring to 240 m².

| Nombre común | Nombre científico | Familia | EF | DF |
|---------------------|--|-----------------|----|----|
| Anchico blanco | <i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart | Fabaceae | 1 | 3 |
| Anchico colorado | <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan | Fabaceae | | 1 |
| Cacheta | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin | Araliaceae | 1 | 2 |
| Ariticu | <i>Rollinia salicifolia</i> Schlttdl. | Annonaceae | 1 | 1 |
| Aguay | <i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) | Sapotaceae | 3 | 1 |
| Burro caa | <i>Casearia sylvestris</i> Sw.var. <i>silvestris</i> | Flacourtiaceae | 2 | |
| Cedro | <i>Cedrela fissilis</i> Vell. | Meliaceae | 4 | 6 |
| Cancharana | <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. | Meliaceae | 3 | 15 |
| Camboata blanco | <i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk. | Sapindaceae | 14 | 15 |
| Camboata colorado | <i>Cupania vernalis</i> Cambess. | Sapindaceae | 24 | 18 |
| Catiguá | <i>Trichilla catiguá</i> A. Juss. | Meliaceae | 3 | 1 |
| Canelón | <i>Myrsine balansae</i> (Mez) Otegui | Myrsinaceae | 51 | 68 |
| Caona | <i>Ilex brevicuspis</i> Reissek | Aquifoliaceae | 1 | |
| Caroba | <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. | Bignoneaceae | | 3 |
| Eugenia Burkartiana | <i>Eugenia burkartiana</i> (D. Legrand) D. Legrand | Myrtaceae | 11 | 2 |
| Cocoa | <i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil. var. <i>opacum</i> | Erythroxylaceae | | 1 |
| Espolón de Gallo | <i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart. | Loganiaceae | | 1 |
| Batinga branca | <i>Eugenia ramboi</i> D. Legrand | Myrtaceae | | 1 |
| Fumo bravo | <i>Solanum granulatum-leprosum</i> Dunal | Solanaceae | 2 | |
| Guatambú blanco | <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl. | Rutaceae | 12 | 8 |
| Guatambú amarillo | <i>Aspidosperma australe</i> Müll. Arg. | Apocinaceae | 1 | 7 |
| Grapia | <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. | Fabaceae | 15 | 31 |
| Guabirá-Guabiroba | <i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg | Myrtaceae | | 1 |
| Guazatumba | <i>Casearia decandra</i> Jacq. | Flacourtiaceae | | 1 |
| Inciense | <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão | Fabaceae | 3 | 2 |
| Ibayai mi | <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess. | Myrtaceae | | 1 |
| Isapuy | <i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel | Fabaceae | | 2 |
| Isapuy pará | <i>Machaerium paraguariense</i> Hassl. | Fabaceae | 1 | 5 |
| Kokú | <i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. | Sapindaceae | 1 | 2 |
| Kurupi | <i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong | Euphorbiaceae | | 1 |
| Laurel amarillo | <i>Nectandra lanceolata</i> Nees | Lauraceae | 7 | 13 |
| Lechero | <i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng. | Euphorbiaceae | | 1 |
| Laurel guaica | <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees | Lauraceae | 2 | 4 |

Continuación Tabla Nº 2

| Nombre común | Nombre científico | Familia | EF | DF |
|------------------|--|-----------------|----|----|
| Laurel negro | <i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees & Mart. | Lauraceae | 4 | 3 |
| Larancheira | <i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg. | Euphorbiaceae | 24 | 1 |
| Laurel ayuí | <i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez | Lauraceae | 2 | 12 |
| Mamica de Cadela | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. | Rutaceae | 1 | |
| Maria preta | <i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk. | Sapindaceae | 4 | 5 |
| Ñandipa | <i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanj. & Wess. Boer | Moraceae | 49 | 11 |
| Persiguero | <i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltldl.) D. Dietr. | Rocaceae | 3 | 2 |
| Palo Pólvora | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | Celtidaceae | 3 | |
| Peteribí | <i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud. | Borraginaceae | | 8 |
| Queibra Machado | <i>Achatocarpus praecox</i> f. <i>obovatus</i> (Schinz & Auran) | Achatocarpaceae | 5 | |
| Rudgea | <i>Rudgea parquiodes</i> (Cham.) Müll. Arg. | Rubiaceae | 12 | 3 |
| Rabo itá | <i>Lonchocarpus leucanthus</i> Burkart | Fabaceae | | 6 |
| Canelón resinoso | <i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br | Myrsinaceae | 4 | |
| Timbo blanco | <i>Ateleia glazioviana</i> Baill. | Fabaceae | 2 | 3 |
| Vasuriña | <i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk. | Sapotaceae | 2 | |
| Yerba mate | <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil. | Aquifoliaceae | 4 | 3 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La técnica de enriquecimiento del bosque nativo misionero, con apertura de fajas, es una alternativa viable para la recuperación de la productividad así como para mantener la diversidad arbórea a largo plazo si se realizan limpiezas periódicas y aperturas del dosel, ya que estas prácticas favorecen la instalación de la regeneración natural de especies comerciales, lo que quedó reflejado para el período 1993-2008 en el aumento del número de ejemplares pasando de 70 a 476 individuos en las fajas. Así también hay una tendencia a encontrar mayor número de especies comerciales dentro de las fajas, que entre las fajas.

Los valores encontrados para el número de individuos de la regeneración natural referidos a la hectárea, en otros estudios realizados en la RUMG y en otras localidades presentan una gran variabilidad con un alto número de ejemplares, lo que resulta alentador, ya que la aplicación de tareas silvícolas como ser eliminación de tacuaras, lianas y ejemplares indeseables es una alternativa para la recuperación de la estructura selvática, mejorando su calidad y permitiendo mantener sus funciones ecosistémicas, además, se debe considerar que esta práctica no afecta significativamente la composición florística, debido a que el tratamiento silvícola de limpieza del

enriquecimiento estaría concentrado en un 16 % de la superficie (1.600 m²/ha).

BIBLIOGRAFÍA

BACALINI, P., Dummel, C., Burkart, R., Carpinetti, B., Garciarena, M., Almirón, M. 2009. Ensayo de técnicas simples de manejo para el aumento de la productividad maderera y la conservación de la biodiversidad en la Selva Misionera. Evaluación de los resultados sobre la regeneración natural de las especies arbóreas. Parque Nacional Iguazú. Conservación y desarrollo en la Selva Paranaense de Argentina. Buenos Aires: Administración de Parque Nacionales. p165 - 180. ISBN 978-987-1363-15-5

BULFE, N.; Rivero, L.; Teresczuch, M.; Mac Donagh, P. 2007. Efecto del relieve y la intensidad de tránsito en cosecha sobre la dinámica de la regeneración natural de un bosque neotropical en Misiones, Argentina. *Ciência Florestal*. 17 (3), 229-238.

BULFE, N. 2008. Dinâmica de clareiras originadas de exploração seletiva de uma floresta estacional semidecidual na provincia de Misiones, nordeste da Argentina. (Tese de mestrado).

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. 84 pp.

BULFE, N.; Vera, N.; Maiocco, D. 2005. Efectos de las limpiezas del sotobosque en fajas sobre la regeneración natural en un bosque degradado de Misiones, Argentina. Revista Yvyrareta (13), 24-30.

CABRERA, A. 1994. Regiones Fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. ACME S.A.C.I. Argentina. Tomo 1. Fascículo 1. Pp. 85.

CAMPANELLO, P. 2004. Diversidad, crecimiento y fisiología de árboles en la Selva Misionera: efectos de los cambios en la estructura y funcionamiento del ecosistema producidos por la invasión de lianas y bambúseas. Universidad de Buenos Aires, Tesis Doctoral, 152 pp.

DE LOS SANTOS, C. 2007. Estructura del bosque nativo y volumen maderable en dos sitios del Norte de la Provincia de Misiones con diferentes estados de conservación. 2007. Integradora II. 20pp.

DIGESTO JURÍDICO PROVINCIA DE MISIONES. 2021. Ley N° 105, Ley XVI N° 105, Ley XVI N° 29, Ley XVI N° 7, Ley XVI, N° 53. Disponible en: <http://digestomisiones.gob.ar/>.

EIBL, B.; Montagnini, F.; Woodward, Ch.; Szczipanski, L.; Ríos, R. 1996. Evolución de la regeneración natural en dos sistemas de aprovechamiento y bosque nativo no perturbado en la provincia de Misiones, Argentina. Revista Yvyrareta (7) 63-78.

EIBL, B.; Gonseski, D.; Bobadilla, A.; Silva, F.; Weber, E.; Artus, H. 1995. Boletín Agrometeorológico Enero – Diciembre 1995. Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables – Federación Misionera de Bomberos Voluntarios – Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones. Año VII, N° 1.

EIBL, B.; Szczipanski, L.; Ríos, R.; Vera, N. 1993. Regeneración de especies forestales nativas de la selva Misionera. Actas de VII Jornadas técnicas: Ecosistemas forestales nativos. Uso, manejo y conservación. Facultad de Ciencias Forestales - UNaM. Eldorado, Misiones. pp. 100-122.

GÖTZ, I. 1987. Estudio de la masa de un bosque nativo de Misiones. Espesura, área basimétrica y volúmenes. Actas de IV Jornadas Técnicas: Bosques Nativos Degradados. Facultad de Ciencias Forestales - UNaM. Eldorado, Misiones. Tomo II: pp. 46-61.

GRANCE, L.; Maiocco, D. 1995. Enriquecimiento del bosque nativo con *Bastardiopsis densiflora* (Hook et Arn) Hassl, cortas de mejora y estímulo a la regeneración natural en Guaraní - Misiones. - R. A. Revista Yvyrareta (6), 29-44.

GUARIGUATA, M.; Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest secession: changes in structural and functional characteristics. Forest Ecology and Management. (148), 185-206.

MARIOT, V. 1987. Estudios de la regeneración natural en bosques subtropicales explotados con diversos estados de degradación. IV Jornadas Técnicas: Bosques Nativos Degradados. Facultad de Ciencias Forestales - UNaM. Eldorado, Misiones. Tomo I: pp. 126-146.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. SECRETARÍA DE POLÍTICA AMBIENTAL EN RECURSOS NATURALES. 2021. Boletín Oficial de la República Argentina. Resolución 2/2021. Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primer/a/240970/20210219>.

PALAVECINO, J.; Maiocco, D. 1995. Levantamiento del medio físico del área de investigación forestal Guaraní, provincia de Misiones. Revista Yvyrareta (6), 50-62.

PAHR, N.; Fernandez, R.; O'Lery, O.; Lupi, A. 1997. Relevamiento Edafológico de Área Experimental y Demostrativa Guaraní de la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) -Escala 1:50.000 - Documento Técnico. Universidad Nacional de Misiones – Facultad de Ciencias Forestales – Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. p 39.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE ESPECIES NATIVAS PARA LA REFORESTACIÓN DE BOSQUES DE TALA DEGRADADOS POR ACTIVIDAD MINERA.

PRELIMINARY EVALUATION OF NATIVE SPECIES FOR REFORESTATION OF TALA FORESTS DEGRADED BY MINING ACTIVITY.

Fecha de recepción: 02/07/2021 // Fecha de aceptación: 20/12/2021

RESUMEN

Los bosques transformados por la actividad minera representan un desafío para la restauración ecológica. *Celtis tala* es una de las especies dominantes en bosques nativos del este de la provincia de Buenos Aires. Las iniciativas llevadas a cabo hasta el momento para reforestar canteras abandonadas con esta especie tuvieron poco éxito, por lo que resulta necesario evaluar la respuesta de otras especies nativas. El enfoque funcional resulta valioso para la selección de especies, ya que permite entender y predecir su desempeño ecológico. Los objetivos del estudio fueron evaluar la supervivencia y el crecimiento de cinco especies nativas (*Scutia buxifolia*, *Schinus longifolia*, *Parkinsonia aculeata*, *Vachellia caven* y *Sesbania punicea*), trasplantadas en canteras de conchilla abandonadas y relacionarlas con los atributos funcionales altura máxima (altura alcanzada a la madurez, m) y densidad de la madera (g/cm^3). Luego de dos años, los individuos trasplantados presentaron una supervivencia promedio de 61%. La supervivencia y el crecimiento se correlacionaron negativamente con la altura máxima. *S. punicea*, que tiene baja altura máxima y baja densidad de madera, presentó mayor crecimiento que las otras especies plantadas. Se discute la

SUMMARY

Forests transformed by mining activities represent a challenge for ecological restoration. *Celtis tala* is one of the dominant species in native forests of eastern Buenos Aires province. Initiatives to reforest abandoned quarries with this species had little success, so it is necessary to evaluate the response of other native species. The functional approach is valuable for species selection, as it allows understanding and predicting their ecological performance. The objectives of the study were to evaluate the survival and growth of five native species (*Scutia buxifolia*, *Schinus longifolia*, *Parkinsonia aculeata*, *Vachellia caven*, and *Sesbania punicea*), transplanted in abandoned shell quarries, and to relate them to height (height at maturity, m) and wood density (g/cm^3) functional attributes. After two years, the transplanted individuals showed an average survival rate of 61%. The maximum height of the species was negatively correlated with survival and growth. *Sesbania punicea*, which have low maximum height and low wood density, presented higher growth than the others planted species. The possibility of using *S. punicea* as a nurse species and the need to continue monitoring the growth of the rest of the species are discussed.

Hernán Schrohn

Ingeniero Forestal. Autor de correspondencia:
hernan.schrohn@gmail.com

Micaela Medina

Dra. en Ciencias Naturales.
micaelamedina@fcnym.unlp.edu.ar

Maia Plaza Behr

Ingeniera Forestal. Becaria Doctoral CONICET.
mplazabehr@gmail.com

Marcelo Arturi

Dr. en Ciencias Naturales.
marceloarturif@gmail.com

Juan Goya

Ingeniero Forestal.
jgoya@agro.unlp.edu.ar

Carolina Perez

Dra. en Ciencias Naturales.
perezcarolina@fcnym.unlp.edu.ar

Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales, LISEA, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Diag. 113 N° 469, La Plata, Buenos Aires.

posibilidad de utilizar *S. punicea* como especie nodriza y la necesidad de continuar con el monitoreo del crecimiento del resto de las especies.

Palabras clave: canteras de conchilla, restauración ecológica, supervivencia, crecimiento

Key words: Shell quarries, ecological restoration, survival, growth.

INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es el proceso de contribuir al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER 2004). Una de las principales herramientas para lograr la restauración de bosques degradados es la reforestación con especies nativas (PARROTTA 1995). El éxito de la restauración ecológica requiere de un profundo conocimiento de las especies intervinientes en este proceso (BRADSHAW 1987). Sin embargo, la selección de especies con fines de restauración muchas veces es difícil debido a falta de información sobre sus requerimientos para el establecimiento e interacciones con otras especies (OSTERTAG *et al.* 2015). El enfoque funcional contribuye a este propósito (MARTÍNEZ-GARZA *et al.* 2013), ya que cuantifica diferentes atributos funcionales de las especies que se emplean como indicadores del funcionamiento del ecosistema y de su respuesta a los cambios generados por perturbaciones. (BARRERA-CASTAÑO y VALDÉS-LÓPEZ 2007; CASTELLANOS-CASTRO y BONILLA 2011). La altura máxima, valor aproximado de la estatura de la planta a la madurez (LÓPEZ *et al.* 1987) y la densidad de madera, biomasa por unidad de volumen de madera, son atributos funcionales de importancia relacionados con la capacidad intrínseca de crecimiento de las especies (FALSTER y WESTOBY 2005; MOLES *et al.* 2009; WRIGHT *et al.* 2010; RÜGER *et al.* 2012). Especies con menor altura máxima y menor densidad de la madera tienden a tener tasas de crecimiento mayor, atributos relacionados con la adaptación a una mayor disponibilidad de luz y su capacidad de crecimiento rápido en ambientes recientemente disturbados (WESTOBY 1998; KUNSTLER *et al.* 2016; RÜGER *et al.* 2018).

Los talares, fisonomía boscosa dominada por *Celtis tala* Gillies ex Planch. (tala) y *Scutia buxifolia* Reiss. (coronillo), constituyen la principal comunidad boscosa presente en la provincia de Buenos Aires y se desarrollan sobre cordones de conchilla, de relieve positivo (ARTURI y GOYA 2004). Desde principios de siglo, los talares han sufrido un proceso de degradación importante debido a la expansión de las fronteras urbana y agropecuaria y la utilización de madera como leña (ARTURI y GOYA 2004). Además, la extracción de la conchilla del subsuelo es

una de las actividades económicas de la zona que contribuye a la pérdida de cobertura boscosa sin que se observe la recuperación espontánea del bosque (GARCÍA CORTÉS *et al.* 2009; PLAZA BEHR *et al.* 2021). Desde el año 2010 se han realizado varios ensayos con *C. tala* en áreas de cordones desmontados y canteras con el objetivo de lograr la restauración de estos bosques, sin embargo, los resultados obtenidos con esta especie han sido poco alentadores (PLAZA BEHR *et al.* 2016; 2021; AZCONA 2018).

Por este motivo se hace necesario analizar el desempeño de otras especies nativas, propias del talar o de la zona ribereña cercana, que puedan contribuir al proceso de recuperación de la cobertura de leñosas en canteras de conchilla. Para ello, evaluamos el crecimiento y la supervivencia de seis especies nativas plantadas con objetivos de reforestación en una cantera de conchilla con cese de la actividad, y analizamos la relación de esas dos variables con atributos funcionales con el fin de entender el desempeño de las especies seleccionadas en las condiciones adversas que tienen esos sitios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una cantera de conchilla de aproximadamente 4 ha en la localidad Cerro de la Gloria, partido de Castelli (35°56'35,77"S - 57°26'48,25"O), ubicada en el sector Este de la distribución de los talares en la Provincia de Buenos Aires (TORRES ROBLES y ARTURI 2009). Los suelos de los cordones sobre los que se desarrollan los talares son clasificados como Rendoles, presentan fragmentos gruesos de conchillas que le otorgan buen drenaje y aireación y presentan un horizonte superficial rico en materiales limosos y materia orgánica (HURTADO y FERRER 1988). Después de la extracción minera, el relieve positivo, característico de estos cordones queda transformado en un relieve deprimido con una mezcla heterogénea de materiales (cantera). El material superficial del suelo, con mayor contenido de limo y materia orgánica, que le otorga características adecuadas para el crecimiento de las plantas, ocupa porciones muy reducidas del paisaje. Además, el área queda expuesta a elevada irradiación solar y a los vientos predominantes (PLAZA BEHR *et al.* 2021).

Las actividades de extracción de conchilla en la cantera aquí estudiada finalizaron en el año 2011. Inmediatamente después del cese de la actividad

minera se esparció material proveniente del horizonte superficial remanente del cordón intervenido en una porción elevada del relieve (0,5 ha). Estas zonas más elevadas del relieve presentan mayor contenido de limo y materia orgánica, lo cual, les otorgan mayor capacidad de retención de agua, a diferencia de otras zonas más bajas, con mayor presencia de conchilla, donde de manera alternada se observan períodos de anegamiento y sequía.

Reforestación con especies nativas en la cantera

Las especies se plantaron formando grupos en las zonas que *a priori*, presentaban mejores condiciones para su desarrollo. En las zonas más elevadas del relieve se plantaron especies propias del talar, *Scutia buxifolia* Reissek (coronillo, Rhamnaceae) y *Schinus longifolia* (Lindl.) Speg. var *longifolia* (molle, Anacardiaceae) (ARTURI y GOYA 2004). En las zonas más bajas del relieve se plantaron *Parkinsonia aculeata* L. (cina-cina, Fabaceae, Caesalpinioideae), *Vachellia caven* (Molina) Seigler y Ebinger (espinillo, Fabaceae, Mimosoideae) y *Sesbania punicea* (Cav.) Benth (sesbania, Fabaceae, Papilionoideae). Si bien estas especies no son propias del talar, están presentes en ambientes locales, sobre suelos mal drenados y donde evidencian rápido crecimiento, por lo que podrían contribuir a la revegetación temprana de leñosas de estos sitios.

La plantación se llevó a cabo durante 2016. En las zonas más elevadas del relieve, en la primavera, se plantaron 72 molles y 9 coronillos, formando 9 grupos de 8 molles y 1 coronillo. En las zonas bajas del relieve, en el otoño, se plantaron 20 cina-cinas, 15 espinillos y 28 sesbanias. Las plantas tenían aproximadamente 2 años al momento de ser trasplantadas a campo y se plantaron con un espaciamiento de 3 m entre sí dentro de cada grupo. Las plantas fueron producidas en la Unidad de Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. El número de individuos plantados de cada especie estuvo sujeta a la disponibilidad existente en el Vivero Forestal.

Monitoreo de la supervivencia y el crecimiento y obtención de atributos funcionales

Para cada individuo se determinó su condición de vivo/muerto en seis mediciones (27/05/2016, 21/12/2016, 22/02/2017, 24/11/2017, 17/04/2018, 14/12/2018). La condición vivo/muerto se determinó visualmente por la presencia o no de hojas y brotes. En los individuos vivos se midió el diámetro a la altura del cuello (DAC) y la altura. El instrumental utilizado para la medición del DAC fue un calibre Vernier con precisión de 0,1 cm y para la altura se utilizaron cintas métricas.

La altura máxima se obtuvo de la base de datos de atributos funcionales “Try plant trait database” (KATTGE *et al.* 2011) y DE MUÑOZ *et al.* (1993); la densidad de la madera se obtuvo de ZANNE *et al.* (2009), ATENCIA (2013) y RODRÍGUEZ *et al.* (2016).

Análisis de datos

La tasa de supervivencia se calculó a partir del recuento del número de individuos vivos de cada especie en cada fecha de medición, expresado como porcentaje del número inicial de plantas trasplantadas. Las variaciones de DAC y altura se calcularon como las diferencias entre la medición inicial y final para cada planta y se expresaron en mm/día.

Se analizaron por separado las diferencias de crecimiento en DAC entre las especies plantadas en las áreas elevadas del relieve y las especies plantadas en las áreas bajas del relieve. Además en las primeras se evaluó si hubo diferencias entre los grupos mediante la interacción grupo x especie para identificar posibles diferencias atribuibles a la heterogeneidad del sustrato. En todos los casos se realizaron ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). La altura se analizó solo de forma descriptiva ya que la mayoría de los individuos presentaron alternativamente crecimiento y muerte de ramas apicales.

Con el objetivo de analizar la relación entre el crecimiento, la supervivencia y los atributos funcionales de las especies, se realizó un análisis de correlación de Pearson. Para ello se calculó el promedio de crecimiento del DAC (mm/día) por especie y se utilizó el porcentaje de supervivencia por especie estimado para la última medición.

El software utilizado para los análisis estadísticos fue R (R Development Core Team 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de dos años del trasplante, las especies nativas presentaron una supervivencia promedio del 61%, valores superiores a la supervivencia de los individuos de *C. tala* plantados en ensayos previos en esta misma cantera, que varió entre 0 y 50% según el tratamiento recibido (PLAZA BEHR *et al.* 2021). Los valores de supervivencia variaron según la especie y la fecha de medición entre el 33% y el 100%. Coronillo presentó el valor mínimo, obtenido en la última fecha de medición y los valores máximos se registraron en las primeras mediciones y para todas las especies consideradas (figura 1). En el caso del coronillo, el escaso número de ejemplares incluidos en el ensayo no permite arribar a conclusiones válidas acerca de la supervivencia de esta especie en la cantera.

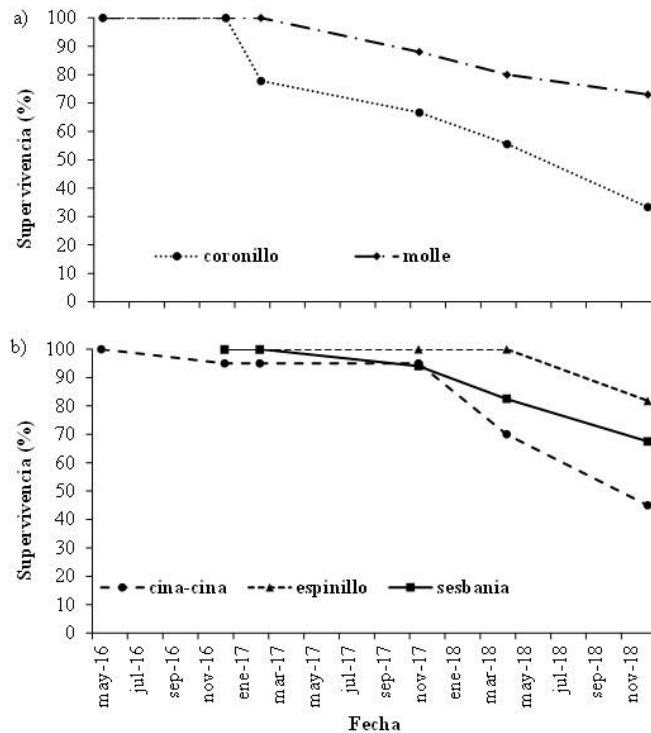


Figura 1. Supervivencia de individuos de especies nativas plantados en la cantera: a) en zonas elevadas del relieve b) en zonas bajas del relieve.
Figure 1. Survival of individuals of native species planted in a quarry: a) at upland areas b) at lowland areas.

El DAC (mm/día) entre la medición inicial y final varió según la especie considerada. Las especies que fueron plantadas en las áreas elevadas del relieve, (grupos integrados por molles y coronillos), no presentaron diferencias significativas en el incremento del DAC entre especies, grupos, ni la interacción grupo x especie ($p > 0,05$) (tabla 1, figura 2). En cambio, las especies que fueron plantadas en áreas bajas del relieve, mostraron diferencias significativas de crecimiento en DAC (tabla 1). Los ejemplares de sesbania presentaron mayor crecimiento comparados con los de cina-cina y espinillos, que no difirieron significativamente entre ellos (prueba de Tukey $p < 0,05$) (figura 2). Las tendencias en los valores del DAC en los diferentes momentos de mediciones evidencian que en los molles existió un incremento de pequeña magnitud, pero sostenido a partir del verano del 2017, mientras que los coronillos crecieron sólo durante el verano de 2017 (figura 3). Además, pese a que no se evaluaron las diferencias significativas mediante un estadístico de prueba, se observó que las sesbanias presentaron incrementos en altura durante todos los períodos de mediciones (figura 4). Las sesbanias aumentaron su altura 47 cm, en promedio, desde diciembre del 2017 hasta su última medición en otoño de 2018. De las demás especies plantadas en la cantera, ninguna de ellas evidenció una altura final superior respecto de la inicial, si no que todas ellas mostraron crecimiento y decrecimiento en altura en

diferentes momentos a lo largo del período de mediciones (datos no presentados).

En proyectos de restauración ecológica, los caracteres funcionales de las plantas pueden ser buenos predictores de su supervivencia y crecimiento (MARTÍNEZ-GARZA *et al.*, 2014). De los atributos funcionales analizados, la altura máxima se relacionó negativamente con el crecimiento y la supervivencia de las especies analizadas (coeficiente correlación de Pearson = -0,92; $p = 0,02$ y -0,94; $p = 0,02$ respectivamente), lo cual concuerda con el desempeño observado en sesbania y molle. Si bien, el atributo funcional densidad de la madera no se relacionó con el crecimiento ni la supervivencia, *S. punicea*, que posee la menor densidad de madera (tabla 2), presentó también mayor crecimiento, en concordancia con lo esperado para especies demandantes de luz (FALSTER y WESTOBY 2005; MOLES *et al.* 2009; WRIGHT *et al.* 2010; RÜGER *et al.* 2012).

En el presente estudio se consideraron los atributos funcionales altura máxima y densidad de la madera porque fueron los únicos disponibles en la bibliografía y base de datos consultados para todas las especies plantadas. Se destaca la necesidad de que futuras investigaciones dirijan sus esfuerzos a completar estas bases de datos a fin de contar con mayor información que contribuya a la selección de especies nativas para proyectos de restauración.

Tabla 1. Análisis de la varianza (ANOVA) del crecimiento en DAC (mm/día).

Table 1. Analysis of variance (ANOVA) of growth in DCH (mm/día).

| Grupo de especies | Especies plantadas en las zonas más elevadas del relieve (molle y coronillo) | Especies plantadas en las zonas más bajas del relieve (sesbania, cina-cina y espinillo) | | |
|-------------------|--|---|------------------------|----------------|
| Efecto | Grupo | Especie | Grupo x Especie | Especie |
| F | 1,96 | 0,16 | 1,43 | 8,21 |
| P | 0,07 | 0,69 | 0,25 | 0,00 |

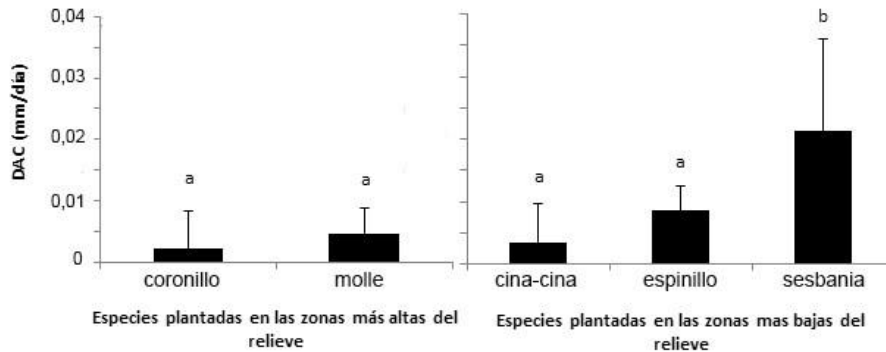


Figura 2. Crecimiento en diámetro a la altura del cuello (DAC, mm/día) de las especies plantadas para reforestar la cantera abandonada. Las líneas verticales indican el desvío estándar. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre especies de similar ubicación en el terreno (prueba de Tukey, $p < 0,05$).

Figure 2. Growth in diameter at collar height ((DCH, mm/day) of the species planted to reforest the abandoned quarry. Vertical lines indicate standard deviation. Different letters indicate significant differences between species of similar location in the field (Tukey test, $p < 0.05$).

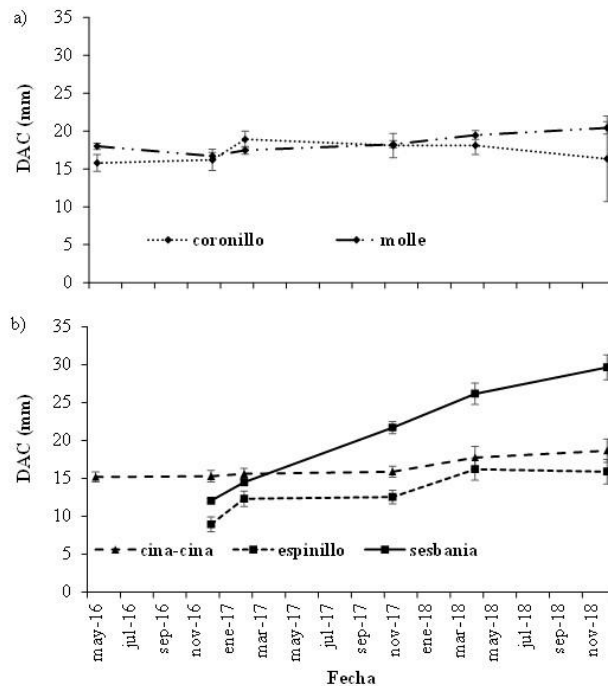


Figura 3. Diámetro a la altura de cuello (DAC) de los individuos de especies nativas plantados en la cantera: a) en zonas elevadas del relieve; b) en zonas bajas del relieve. Las líneas verticales indican el error estándar.

Figure 3. Diameter at collar height (DCH) of individuals of native species planted in the quarry: a) at upland areas b) at lowland areas. The vertical lines indicate the standard error.

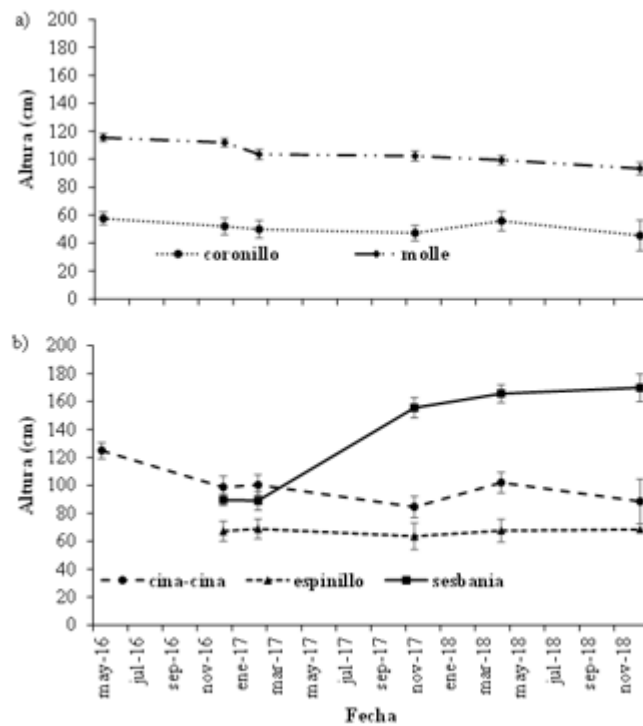


Figura 4. Altura de los individuos de especies nativas plantados en la cantera: a) en zonas elevadas del relieve; b) en zonas bajas del relieve. Las líneas verticales indican el error estándar.
 Figure 4. Height of individuals of native species planted in the quarry: a) at upland areas b) at lowland areas. The vertical lines indicate the standard error.

Tabla 2. Atributos funcionales de las especies del presente estudio. H: altura máxima; DM: densidad de madera.

Table 2. Functional traits of native species of this study. H: maximum height, DM: wood density

| Especie | Nombre vulgar | H (m) | DM (g/cm ³) |
|-----------------------------|---------------|---------------------|-------------------------|
| <i>Parkinsonia aculeata</i> | cina-cina | 12,0 ⁽¹⁾ | 0,71 ⁽³⁾ |
| <i>Vachellia caven</i> | espinillo | 5,0 ⁽²⁾ | 0,96 ⁽⁴⁾ |
| <i>Sesbania punicea</i> | sesbania | 4,0 ⁽²⁾ | 0,41 ⁽⁵⁾ |
| <i>Scutia buxifolia</i> | coronillo | 18,0 ⁽¹⁾ | 1,06 ⁽⁴⁾ |
| <i>Schinus longifolia</i> | molle | 5,0 ⁽²⁾ | 0,65 ⁽⁴⁾ |

⁽¹⁾ Kattge et al. (2011); ⁽²⁾ Muñoz et al. (1993); ⁽³⁾ Rodríguez et al. (2016); ⁽⁴⁾ Atencia (2013); ⁽⁵⁾ Zanne et al. (2009).

Los mejores resultados de supervivencia y crecimiento se obtuvieron con *S. punicea*, pese a que fue plantada en las zonas bajas de la cantera, con condiciones del suelo menos favorables que las zonas más elevadas. Del análisis de los atributos funcionales se desprende que esta especie tiene características de especies demandantes de luz, con bajos valores de altura máxima y de densidad de madera. Además, tiene la capacidad de formar nódulos con organismos fijadores de nitrógeno (BLANCO et al. 2008). *Sesbania punicea* es una especie que inicia tempranamente la etapa reproductiva, a partir del segundo año de vida (HOFFMANN y MORAN 1998) y en la cantera fue la única especie en la que se observó floración y fructificación, por lo que, en próximas experiencias, de ser posible, se deberían

incluir estas variables dentro de los atributos funcionales analizados. Los resultados obtenidos y características de *S. punicea* indican que, comparada con el resto de las especies utilizadas en este trabajo, posee mayor aptitud para la reforestación en las etapas iniciales de proyectos de restauración de canteras de conchilla recientemente abandonadas. Se plantea la posibilidad de que esta especie actúe como facilitadora para el establecimiento de otras, propias de los talares.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los/las revisores/as anónimos/as por sus valiosos comentarios y sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo. Este estudio fue financiado por el Proyecto de

Mejoramiento de la Enseñanza en Carreras de Ingeniería Forestal, Ingeniería en Recursos Naturales e Ingeniería Zootecnista (PROMFORZ), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF, UNLP) y por la Empresa Domingo González y CIA. Todas las plantas utilizadas en los ensayos fueron producidas por la Unidad de Vivero Forestal, FCAyF, UNLP.

BIBLIOGRAFÍA

ARTURI, M.F.; Goya, J.F. 2004. Estructura, dinámica y manejo de los talares del NE de Buenos Aires. En: ARTURI, M.F., Frangi, J.L., Goya, J.F. (Eds.) *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Publicación multimedia, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

ATENCIA, ME. 2013. INTI – CITEMA. Disponible en: http://www.inti.gob.ar/maderaymuebles/pdf/densidad_comun.pdf

AZCONA, M. 2018. Evaluación de técnicas de rehabilitación de áreas degradadas en los talares de Magdalena y Punta Indio. Trabajo final de grado, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 40 pp.

BARRERA-CASTAÑO, J.; Valdés-López, C. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12(2), 11-24.

BLANCO, A.R.; Csukasi, F.; Abreu, C.; Sicardi, M. 2008. Characterization of rhizobia from *Sesbania* species native to seasonally wetland areas in Uruguay. *Biology and fertility of soils*, 44(7), 925-932.

BRADSHAW, A.D. 1987. Restoration: an acid test for ecology. En: JORDAN, W.R., Gilpin M.E., Aber J.E. (Eds.) *Restoration ecology. A synthetic approach to ecological research*. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. pp. 23-29.

CASTELLANOS-CASTRO, C.; Bonilla, M. 2011. Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque altoandino. *Acta Biológica Colombiana*, 16(1), 153-174.

FALSTER, D.S.; Westoby, M. 2005. Tradeoffs between height growth rate, stem persistence and maximum height among plant species in a post-fire succession. *Oikos*, 111(1), 57-66.

GARCÍA CORTÉS, M.; Pérez, C.; Presutti, M.; Arturi, M. 2009. Cambios en la superficie boscosa y biomasa forrajera en los talares de Magdalena y Punta Indio. En: ATHOR J. (Ed.). *Parque Costero del Sur. Naturaleza, Conservación y Patrimonio Cultural*. Pp. 92-103. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires.

HOFFMANN, J.H.; Moran, V.C. 1998. The population dynamics of an introduced tree, *Sesbania punicea*, in South Africa, in response to long-term damage caused by different combinations of three species of biological control agents. *Oecologia*, 114(3), 343-348.

HURTADO, M.; Ferrer, J.A. 1988. Guía de Campo de las Segundas Jornadas de Suelos de la Región Pampeana. La Plata, Argentina.

KATTGE, J.; Díaz, S.; Lavorel, S.; Prentice, I.C.; Leadley, P.; Bönsch, G.; Garnier, E.; Westoby, M.; Reich, P.B.; Wright, I.J.; Cornelissen, J.H.C.; Violle, C.; Harrison, S.P.; Van Bodegom, P.M.; Reichstein, M.; Enquist, B.J.; Soudzilovskaia, N.A.; Ackerly, D.D.; Anand, M.; Atkin, O.; Bahn, M.; Baker, T.R.; Baldocchi, D.; Bekker, R.; Blanco, C.C.; Blonder, B.; Bond, W.J.; Bradstock, R.; Bunker, D.E.; Casanoves, F.; Cavender-Bares, J.; Chambers, J.Q.; Chapin III, F.S.; Chave, J.; Coomes, D.; Cornwell, W.K.; Craine, J.M.; Dobrin, B.H.; Duarte, L.; Durka, W.; Elser, J.; Esser, G.; Estiarte, M.; Fagan, W.F.; Fang, J.; Fernández-Méndez, F.; Fidelis, A.; Finegan, B.; Flores, O.; Ford, H.; Frank, D.; Freschet, G.T.; Fyllas, N.M.; Gallagher, R.V.; Green, W.A.; Gutierrez, A.G.; Hickler, T.; Higgins, S.I.; Hodgson, J.G.; Jalili, A.; Jansen, S.; Joly, C.A.; Kerkhoff, A.J.; Kirkup, D.; Kitajima, K.; Kleyer, M.; Klotz, S.; Knops, J.M.H.; Kramer, K.; Kühn, I.; Kurokawa, H.; Laughlin, D.; Lee, T.D.; Leishman, M.; Lens, F.; Lenz, T.; Lewis, S.L.; Lloyd, J.; Llusià, J.; Louault, F.; Ma, S.; Mahecha, M.D.; Manning, P.; Massad, T.; Medlyn, B.E.; Messier, J.; Moles, A.T.; Müller, S.C.; Nadrowski, K.; Naeem, S.; Niinemets, Ü.; Nöllert, S.; Nüske, A.; Ogaya, R.; Oleksyn, J.; Onipchenko, V.G.; Onoda, Y.; Ordoñez, J.; Overbeck, G.; Ozinga, W.A.; Patiño, S.; Paula, S.; Pausas, J.G.; Peñuelas, J.; Phillips, O.L.; Pillar, V.; Poorter, H.; Poorter, L.; Poschlod, P.; Prinzing, A.; Proulx, R.; Rammig, A.; Reinsch, S.; Reu, B.; Sack, L.; Salgado-Negret, B.; Sardans, J.; Shiodera, S.; Shipley, B.; Siefert, A.; Sosinski, E.; Soussana, J.-F.; Swaine, E.; Swenson, N.; Thompson, K.; Thornton, P.; Waldram, M.; Weiher, E.; White, M.; White, S.; Wright, S.J.; Yguel, B.; Zaehle, S.; Zanne, A.E.; Wirth, C. 2011. TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology*, 17: 2905-2935.

- KUNSTLER, G.; Falster, D.; Coomes, D.A.; Hui, F.; Kooyman, R.M.; Laughlin, D.C.; Poorter, L.; Vanderwel, M.; Vieilledent, G.; Wright, S. J.; Aiba, M.; Baraloto, C.; Caspersen, J.; Cornelissen, J. H. C.; Gourlet-Fleury, S.; Hanewinkel, M.; Hérault, B.; Kattge, J.; Kurokawa, H.; Onoda, Y.; Peñuelas, J.; Poorter, H.; Uriarte, M.; Richardson, S.; Ruiz-Benito, P.; Sun, I.F.; Ståhl, G.; Swenson, N.G.; Thompson, J.; Westerlund, B.; Wirth, C.; Zavala, M.A.; Zeng, H.; Zimmerman, J.K.; Zimmermann, N.E.; Westoby, M. 2016. Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature*, 529 (7585), 204-207.
- LÓPEZ, J.A.; Little Jr. E.L.; Ritz, G.F.; Rombold, J.S.; Hahn, W.J. 1987. Árboles comunes del Paraguay. Ñande Yvyra Mata Kuera, Cuerpo de Paz, Asunción, Paraguay.
- MARTÍNEZ-GARZA, C., Bongers, F., Poorter, L. 2013. Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures?. *Forest Ecology and Management*, 303, 35-45.
- MOLES, A.T.; Warton, D.I.; Warman, L.; Swenson, N.G.; Laffan, S.W.; Zanne, A.E.; Pitman, A.; Hemmings, F.A.; Leishman, M.R. 2009. Global patterns in plant height. *Journal of Ecology*, 97(5), 923-932.
- MUÑOZ J.; Ross, P.; Cracco, P. 1993. Flora indígena del Uruguay: árboles y arbustos ornamentales. Hemisferio Sur. pp. 150-151.
- OSTERTAG, R.; Warman, L.; Cordell, S.; Vitousek, P.M. 2015. Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest. *Journal of Applied Ecology* 52:805-809.
- PARROTTA, J.A. 1995. Influence of overstorey composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science* 6: 627-636.
- PLAZA BEHR, M.C.; Pérez, C.A.; Goya, J.F.; Azcona, M.; Arturi, M.F. 2016. Plantación de *Celtis ehrenbergiana* como técnica de recuperación de bosques invadidos por *Ligustrum lucidum* en los talares del NE de Buenos Aires. *Ecología austral*, 26(2), 171-177.
- PLAZA BEHR, M.C.; Pérez, C.; Goya, J.; Arturi, M. 2021. Supervivencia y crecimiento de *Celtis tala* Gillies ex Planch en la rehabilitación ecológica de canchillas abandonadas. *Ecología Austral*, 31, 251-260.
- RODRÍGUEZ, H.G.; Maiti, R.; Kumari, A., Sarkar, N.C. 2016. Variability in wood density and wood fibre characterization of woody species and their possible utility in northeastern Mexico. *American Journal of Plant Sciences*, 7(07), 1139.
- RÜGER, N.; Wirth, C.; Wright, S.J.; Condit, R. 2012. Functional traits explain light and size response of growth rates in tropical tree species. *Ecology*, 93(12), 2626-2636.
- RÜGER, N.; Comita, L.S.; Condit, R.; Purves, D.; Rosenbaum, B.; Visser, M.D.; Wright, S.J.; Wirth, C. 2018. Beyond the fast-slow continuum: demographic dimensions structuring a tropical tree community. *Ecology letters*, 21(7), 1075-1084.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER). 2004. The SER primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration, Science and Policy Working Group. www.ser.org
- TORRES ROBLES, S.S.; Arturi, M.F. 2009. Variación de la composición y riqueza florística en los talares del Parque Costero del Sur y su relación con el resto de los talares bonaerenses. En: ATHOR, J. (Ed.) Parque Costero del Sur. Naturaleza, Conservación y Patrimonio Cultural. Pp. 104-121. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires.
- WESTOBY, M. 1998. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant Soil* 199: 213-227.
- WRIGHT, S.J.; Kitajima, K.; Kraft, N.J.; Reich, P.B.; Wright, I.J.; Bunker, D.E.; Condit, R.; Dalling, J.W.; Davies, S.J.; Díaz, S.; Engelbrecht, B.M.J.; Harms, K.E.; Hubbell, S.P.; Marks, C.O.; Ruiz-Jaen, M.C.; Salvador, C.M.; Zanne, A.E. 2010. Functional traits and the growth-mortality trade-off in tropical trees. *Ecology*, 91(12), 3664-3674.
- ZANNE, A.E.; Lopez-Gonzalez, G.; Coomes, D.A.; Ilic, J.; Jansen, S.; Lewis, S.L.; Miller, R.B.; Swenson, N.G.; Wiemann, M.C.; Chave, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y APTITUD DE *Hovenia dulcis* Thunb. EN ENRIQUECIMIENTO DE UN BOSQUE SECUNDARIO, SANTIAGO DE LINIERS – MISIONES.

GROWTH AND APTITUD EVALUATION OF *Hovenia dulcis* Thunb. IN SECONDARY FORESTS ENRICHMENT, SANTIAGO DE LINIERS – MISIONES.

Fecha de recepción: 01/08/2021 // Fecha de aceptación: 20/12/2021

Alejandro Roberto Vargas

Ingeniero Forestal. Profesor-
Investigador - Facultad de Ciencias
Forestales - UNaM. Bertoni 124.
Eldorado, Misiones - Argentina.
vargasforestal55@gmail.com

Mathías Isaac López

Ingeniero Forestal. Graduado de la
carrera de ingeniería forestal -
UNaM. Bertoni 124. Eldorado,
Misiones - Argentina.
mathiasisaaclopez@gmail.com

Enzo Martín Sanzovo

Ingeniero Forestal. Graduado de la
carrera de ingeniería forestal -
UNaM. Bertoni 124. Eldorado,
Misiones - Argentina.
sanzovoenzomartin@gmail.com

Domingo César Maiocco

M. Sc. Ingeniero Forestal. Profesor
Asociado Facultad de Ciencia
Forestales - UNaM. Bertoni 124.
Eldorado, Misiones - Argentina.
domingo.maiocco@fcf.unam.edu.ar

Alicia Mónica Stehr

Ingeniera Forestal. Docente de la
Facultad de Ciencia Forestales -
UNaM. Bertoni 124. Eldorado,
Misiones- Argentina.
alicia.stehr@fcf.unam.edu.ar

RESUMEN

La hovenia (*Hovenia dulcis* Thunb.) es un árbol originario de Japón que fue introducido en Misiones teniendo una muy buena adaptación, siendo una especie con potencial para la recuperación de bosques secundarios degradados, teniendo aptitudes maderables, melíferas y para la producción de leña y/o carbón vegetal. Existe escasa información sobre su comportamiento en plantaciones de enriquecimiento en la provincia de Misiones, éste trabajo permite aportar información sobre su crecimiento a los once años. El área de estudio corresponde a una parcela de bosque secundario ubicada en el municipio de Santiago de Liniers, departamento Eldorado, que fue enriquecida con plantines de *Hovenia dulcis* plantadas en el año 2009, en 7 fajas de largos variables en dirección Este-Oeste, separadas 10 m entre sí y 5 m entre plantas. Se realizó un censo del total de los árboles, donde se contabilizó el número de individuos presente, se midieron altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP) y se determinó el volumen por árbol, obteniéndose para el total de 80

SUMMARY

Hovenia (*Hovenia dulcis* Thunb.) Is a tree native to Japan that was introduced in Misiones having a very good adaptation, being a species with potential for the recovery of degraded secondary forests, having timber and honey aptitudes and for the production of firewood / or charcoal. There is limited information on their behavior in enrichment plantations in the province of Misiones. This work allows us to provide information on their growth at eleven years of age. The study area corresponds to a plot of secondary forest located in the municipality of Santiago de Liniers, Eldorado department, which was enriched with *Hovenia dulcis* seedlings planted in 2009, in 7 strips of variable lengths in an East-West direction, separated 10 m between each other and 5 m between floors. A census of all trees was carried out, measuring DAP and total height. A diameter, a height and an average individual volume of 19.35 cm, 15.56 m and 0.20 m³ respectively were determined. DBH and the total height of each individual showed a very strong connection with each other, resulting in a coefficient

individuos medidos, un diámetro, una altura y un volumen individual promedio de 19,35 cm, 15,56 m y 0,20 m³ respectivamente. El DAP y la altura total de cada individuo, demostraron una correlación muy fuerte entre sí, resultando en un coeficiente de determinación del 0,918. Se calculó además el incremento medio anual (IMA) para las variables diámetro y alturas, resultando en 1.76 cm y 1.41 m respectivamente.

Palabras clave: especies alternativas, bosque degradado, especie melífera, especie para leña

of determination of 0.918. The mean annual increase (MAI) was also calculated for the diameter and height variables, resulting in 1.76 cm and 1.41 m, respectively.

Key words: alternative species, degraded forest, honey species, specie for firewood.

INTRODUCCIÓN

Descripción de la especie

La hovenia (*Hovenia dulcis* Thunb.), palito dulce o uva china es un árbol originario de Japón, su distribución ocurre naturalmente entre 25° a 41° latitud N y 100° a 142° longitud este, principalmente en China, Japón y Corea (RIGATTO *et al.*, 2001). Fuera del área de ocurrencia, la especie se encuentra espontáneamente o se cultiva en el sudeste asiático, desde Nepal hasta la India, en el norte de Argentina y Paraguay. En el sur de Brasil, se propaga ampliamente por cultivo, ya sea solo o en pequeñas parcelas (CARVALHO, 1994).

En Misiones fue introducida, presentando una excelente adaptación a las condiciones climáticas, de suelo y biológicas de la zona Noreste de la provincia, siendo de esta manera, una especie naturalizada y colonizadora de los bosques secundarios y bosques en recuperación de toda la región. Tal es así que ésta especie se encuentra arraigada en la cultura de los pobladores, quienes la reconocen con facilidad y la utilizan habitualmente como combustible leñoso en sus hogares, cocinas y calderas en industrias (FERNÁNDEZ, 2012).

Pertenece a la Familia Rhamnaceae, género *Hovenia* y especie *Hovenia dulcis* Thunb., nombrada así en honor a David Hoven, senador de Ámsterdam, cuyos servicios contribuyeron en gran medida al éxito de los viajes de Thunberg a Asia y *dulcis* por la dulzura de los ejes de las infrutescencias.

Posee una forma globosa y ancha con ramificación dicotómica. Porte mediano a grande, pudiendo alcanzar 20 m de altura a los 12 años (CARNEVALE, 1947) y DAP entre 25 y 40 cm en Misiones (COZZO, 1956).

Su corteza presenta una capa externa lisa a ligeramente agrietada; capa interna de color marrón oscuro a gris oscuro y blanquecina. Espesor total de hasta 15 mm. Sus hojas son simples, alternas, pecioladas, aovadas, aserradas, acuminadas en el ápice, oblicuas y tri-nervadas en la base. Largo de 10 a 15 cm y de 7 a 12 cm de ancho. Glabra en la parte superior y ligeramente pubescente en la inferior; estípulas lanceoladas, pubescentes, caducas.

Las flores son hermafroditas, pequeñas, de color blanco verdoso a crema, numerosas, dispuestas en cimas axilares y terminales, de hasta 10 cm de largo. Tiene un fruto como una pequeña cápsula subglobosa grisácea seca de 6 a 7 mm de diámetro, conteniendo de 2 a 4 semillas. Sustentado por pedúnculo retorcido y carnoso de color canela, que al madurar posee sabor dulce y agradable (DIMITRI, 1988). Sus semillas son anaranjadas o rojizas recién recolectada y que con el tiempo se tornan de color marrón y negra, más o menos circular, de 4 mm a 8 mm de diámetro (CARVALHO, 1994).

Fenología

Florece en primavera y verano de octubre a noviembre y se cosechan los frutos maduros de marzo a julio luego de 4 o 5 años de plantación. Pudiéndose retrasar los procesos fenológicos por efecto de períodos de sequía (EIBL, 2020).

La polinización: se produce principalmente por abejas de las especies *Apis mellifera*, *Melipona quadrifasciata* y *Plebeia emerina*.

La dispersión de semillas es zoocórica, producida por aves y pequeños animales salvajes (CARVALHO, 1994).

Potencial maderable, para leña y producción de carbón vegetal.

Es moderadamente pesada (0,50 a 0,72 g / cm³), tiene albura y duramen amarillos a marrón oscuro o rojo; opaco a brillo medio, inodoro; textura fina a homogénea; grano recto. Es resistente, moderadamente tenaz y elástica, tiene poca durabilidad al contacto con el suelo y buena trabajabilidad, dando superficies lisas y brillantes. Sus características mecánicas son similares a las del loro negro (*Cordia trichotoma*). Se puede utilizar en trabajos de ebanistería y carpintería y también para vigas, techo y pisos. Esto se debe a que presenta buena resistencia a la flexión estática, siendo de 1.154 kg/cm² su MOR, y de 108.075 kg/cm² su MOE; y una moderada resistencia a la compresión paralela a las fibras, con un MOR de 464 kg/cm² (SUIREZS y BERGER 2009). Su madera tiene buenas propiedades

tecnológicas lo cual la vuelve apta para usos estructurales (GONZÁLEZ *et al.*, 2003).

Para leña, se considera de buena calidad, quemando incluso verde (RIGATTO *et al.*, 2001). En estudios realizados por ARRUDA (2016) en análisis de la calidad del carbón vegetal de cuatro especies, entre ellas *Hovenia dulcis*, el autor puede concluir que el poder calorífico, así como el rendimiento gravimétrico de esta especie fue menor que *Eucalyptus grandis*, *Pinus* sp. y *Mimosa scabrella*, sin embargo, *Hovenia dulcis* fue la tercera mejor especie señalada por el autor para su uso en la industria del acero. Según FUKUDA (2019), se recomienda continuar con los estudios relacionados con esta especie en relación a la anatomía con el objetivo de la producción de carbón vegetal, ya que es una especie que se encuentra fácilmente y puede ser una alternativa para el uso y control de su dispersión natural.

Potencial melífero

Corresponde a una de las especies preferidas por *Apis mellifera* L., donde su polen se hace presente en el 58 % de las muestras de miel de apiarios de la provincia de Misiones (AQUINO *et al.*, 2015). INZAURRALDE (2014) considera a la *Hovenia* como una de las especies intensamente visitadas por esta especie de abeja. Su periodo de floración comienza en el mes de octubre, y finaliza en enero (MIRANDA *et al.*, 2012).

Relación con la fauna

En Santa Catarina, Brasil se colocaron trampas durante el período de fructificación del árbol de *Hovenia* en 2012 y 2013. Como resultado, se registraron 28 especies de animales: 16 aves y 12 mamíferos. Un roedor salvaje no identificado a nivel de especie pertenece a la familia Cricetidae. Además de las especies identificadas a partir de fotografías tomadas con cámaras trampa, se registraron dos especies de aves adicionales mediante observaciones focales, sumando un total de 30 especies (DE LIMA *et al.*, 2015).

Requerimientos y características silviculturales

Es una especie heliófila, necesita de abundante luz, es decir, es "intolerante" a la sombra con características de especie "pionera".

Requiere entre 850 mm y 2.000 mm de precipitaciones anuales, concentradas preferentemente en el verano. En Argentina se observó que es sensible a la sequía estival, que provoca defoliación en mitad de la temporada de crecimiento. Prefiere temperaturas medias anuales entre 15 a 18 °C y tipos climáticos según Köppen Cfa, Cfb y Cwa (climas subtropicales) (CARVALHO, 1994).

Prefiere suelos profundos, pudiendo lograr un IMA de 1,92 cm/año en Oxisoles (FERNÁNDEZ, 2012). También tolera y crece en suelos compactos,

superficiales y pedregosos, pero no prospera en lugares con excesiva humedad y de escasa fertilidad.

Resistente a las heladas excepto las tardías, que ocurren cuando la planta comienza a formar follaje, generalmente a partir de agosto, es muy resistente al ataque de hormigas (MAIOCCO *et al.*, 2015)

En plantaciones tiene crecimiento monopodial y buena forma de fuste, con buen desrame natural, requiriendo poda de ramas como complemento. En cuanto al establecimiento, durante los primeros años se debe mantener las plantas libres de malas hierbas. En un experimento, 30 meses después de la siembra, las plantas en la parcela sin maleza tenían 5,25 m de altura, contra 2,61 m en la parcela con maleza (CARVALHO, 1994). Además, la especie presenta brotes subcorticales latentes que le dan gran capacidad de rebrote.

En macizos generalmente se planta a una distancia de 2 m x 2 m. En el sur de Brasil los espaciamientos más adecuados son: 2 m x 2 m y 3 m x 2 m. pudiéndose lograr madera aserrable en rotaciones de 15 a 20 años.

Crecimientos

En Brasil, su crecimiento es bastante variable, alcanzando hasta 30 m³/ha año. En Argentina, muestra una producción volumétrica de hasta 20 m³/ha año, en sitios con buena fertilidad química, a los 10 años (CARVALHO, 1994). Por su parte en Misiones, logra IMA de 1,92 cm/año en oxisoles (FERNÁNDEZ, 2012).

Objetivos

Determinar relaciones hipsométricas de *H. dulcis* en enriquecimiento de bosque nativo secundario.

Relevar el diámetro y altura a los 11 años de edad de la plantación.

Estimar el volumen de los árboles individuales para cada año de medición y el incremento medio anual (IMA).

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio corresponde a una parcela de bosque secundario de 35 años de edad, proveniente de un ciclo de *Araucaria angustifolia*. Como se observa en la figura 1a, el ensayo se ubica en el municipio de Santiago de Liniers, departamento Eldorado, limitando con el municipio de 9 de Julio, y a 13 km de la Ruta Provincial N° 17, en dirección Sur.

Esta zona fue enriquecida con plantines de *H. dulcis* plantadas en el año 2009, en 7 fajas de 2 m de ancho y de largos variables (entre 50 y 120 m), en dirección Este-Oeste, separadas 10 m entre sí y 5 m entre plantas, como se puede observar en la figura 1b.

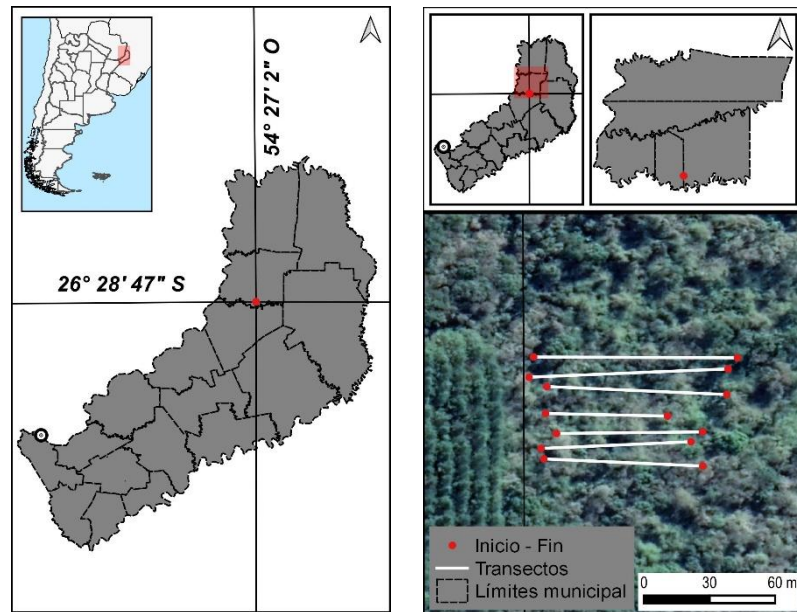


Figura 1a y 1b: a) Localización geográfica del área de estudio. b) Transectos de medición
Figure 1a y 1b. a) Geographic location of the studied area. b) Measurement transects.
 (Fuente: propia a partir de datos del IGN e imagen Google Earth).

La misma fue estudiada por MAIOCCO *et al.* (2015), quien publicó sus crecimientos, mediante mediciones realizadas en el año 2013 y 2015, de los 121 individuos existentes en ese momento.

Para determinar el crecimiento de los ejemplares de hovenia luego de 11 años de implantados, se procedió a medir el diámetro a la altura de pecho (DAP) con forcípula y la altura total con vara telescópica del total de los 80 individuos presentes, en el mes de noviembre del año 2020.

En el lugar se pudo observar gran presencia de tacuapí (*Merostachys clausenii*) y yatevó (*Guadua trinii*), lo que puede explicar la disminución de individuos respecto al año 2015. Además, se observaron varios árboles caídos, producto de inclemencias climáticas. Bajo este escenario, la hovenia hizo notar su gran capacidad de crecimiento en búsqueda de luz.

RESULTADOS

Con las mediciones obtenidas, se procedió a realizar una relación hipsométrica, que presentó un coeficiente de determinación del 0,918. Esto explica la gran correlación existente entre las variables DAP y altura total, como se visualiza en el gráfico 1.

Además, para establecer una cronología del crecimiento del ensayo, se utilizaron los resultados de MAIOCCO *et al.* (2015), con el que se obtuvo un valor promedio de DAP y altura total, y una estimación del volumen de árbol individual para cada

año de medición. Por último, se calculó el incremento medio anual (IMA), de estas variables.

Se determinó un diámetro de 19,35 cm, una altura 15,56 m y un volumen individual de 0,20 m³ promedio para los individuos (gráficos 2, 3 y 4)

Por otro lado, teniendo como base el trabajo de ELEOTÉRIO *et al.* (2012), se realizó una estimación del volumen utilizando su coeficiente de forma (esta se correlaciona con la edad).

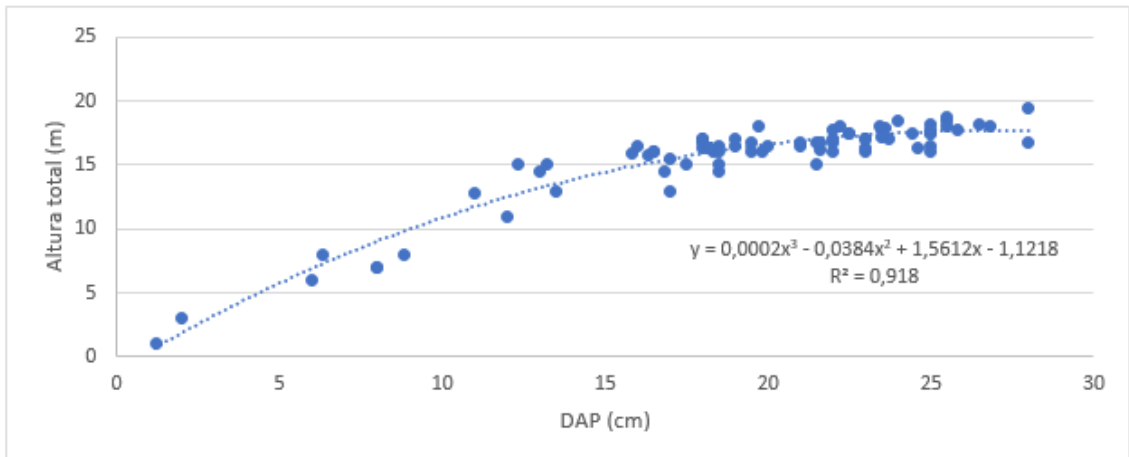


Gráfico 1. Relación hipsométrica
Graph 1. Hypsometric relationship

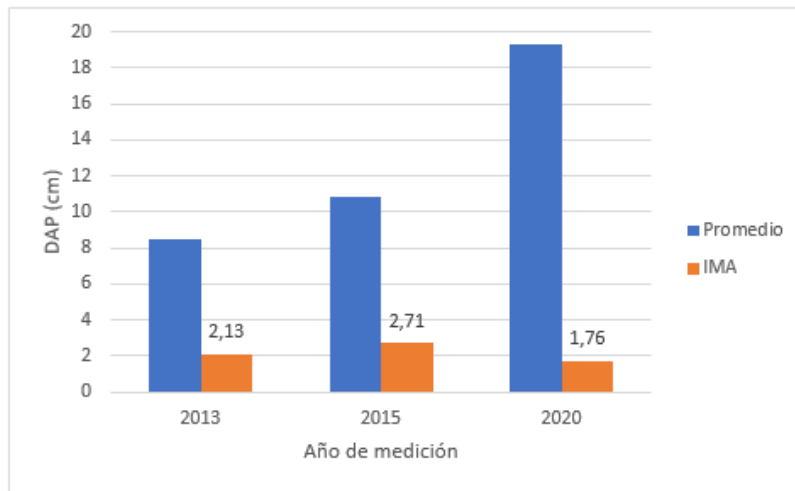


Gráfico 2. DAP promedio para cada año de medición
Graph 2. Average DBH for each year of measurement

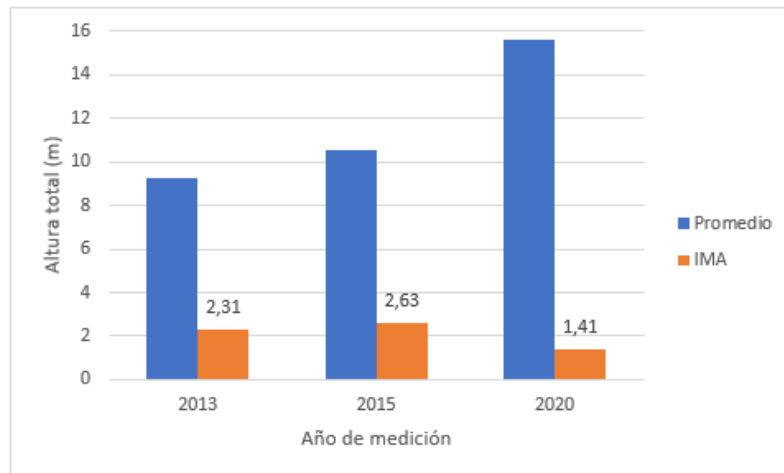


Gráfico 3. Altura total promedio para cada año de medición
Graph 3. Average total height for each year of measurement

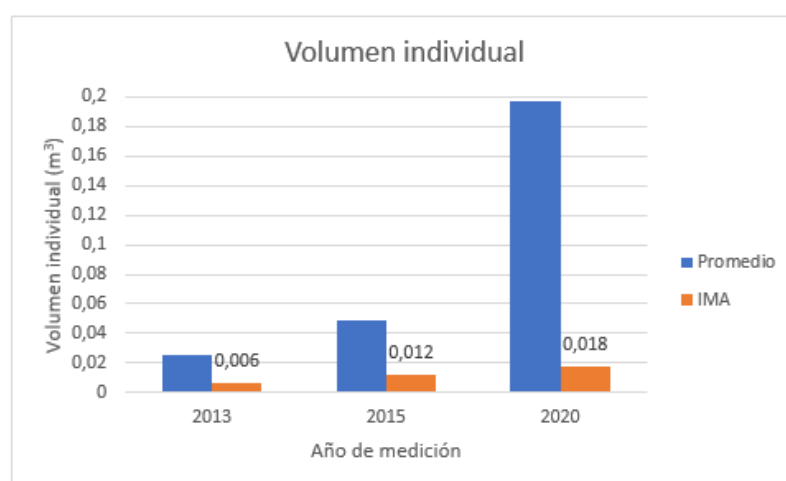


Gráfico 4. Volumen de árbol individual promedio por cada año de medición
Graph 4. Average individual tree volume for each year of measurement

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La *H. dulcis* se presenta como una alternativa exitosa para el enriquecimiento de bosques nativos secundarios (capueras) del norte de la provincia de Misiones, ya que se logra un volumen de 2 m³/ha a los 11 años, valores iguales o superiores a especies nativas utilizadas con el mismo fin. Por ejemplo, en enriquecimiento con loro blanco (*Bastardiopsis densiflora*) PEREZ *et al.* (2021) obtuvieron un volumen de 1,45 m³/ha a los 15 años.

Esto cobra aún mayor importancia cuando nos referimos a aquellas superficies que se encuentran en la categoría amarillo de la Ley XVI - N° 105, donde obtener una renta del bosque es un desafío.

Si bien la misma atrae a las abejas y fauna nativa, por sus frutos y flores apetecibles no hay que dejar de lado su característica de planta altamente invasora y el peligro que esto significa para nuestros ecosistemas naturales. Por otra parte, si consideramos que la especie ya está presente en nuestra región hace décadas, su utilización en la industria del aserrado, carbón vegetal y carpintería, pueden representar una alternativa de uso y control de la especie.

BIBLIOGRAFÍA

ARRUDA, R.H. 2016. Avaliação da qualidade do carvão de quatro espécies florestais, Trabalho de conclusão de curso II, UTFPR campus Diz Vizinhas. 29 pp.

AQUINO, D.; Miranda, D.; Pellizzer, N. 2015. Contenido polínico de mieles de *Apis mellifera* L. producidas en Misiones, Argentina. Revista Yvyrareta 22. pp 6–11.

CARNEVALE, J. A. (1947). *El cuidado de los frutales*. Buenos Aires: Bell. 207 pp.

CARVALHO, P. E. R. 1994. Ecología, silvicultura e usos da uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunberg). *Embrapa Florestas-Circular Técnica*, 23, 24. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/290745/ecologia-silvicultura-e-usos-da-uva-do-japao-hovenia-dulcis-thunberg>.

COZZO, D. (1956). Como utilizar la madera de los árboles cultivados (No. 634.98 C83997c Ej. 1 001912). EDITORIAL COSMOPOLITA.

DE LIMA, R. E. M.; de Sá Dechoum, M.; Castellani, T. T. 2015. Native seed dispersers may promote the spread of the invasive Japanese raisin tree (*Hovenia dulcis* thunb.) in seasonal deciduous forest in southern Brazil. *Tropical Conservation Science*, 8(3), 846–862. <https://doi.org/10.1177/194008291500800318>.

DIMITRI, Milan J. 1988. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Tomo I, Vol. 2. Primera reimpresión. Tercera edición. Buenos Aires.

EIBL, B. 2020, agosto. Comunicación personal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Eldorado, Argentina. Email: eiblbeatriz@gmail.com.

ELEOTÉRIO, J. R.; Pellens, G. C.; Commanduli, M. J. 2012. Crescimento em diâmetro, altura e volumen de *Hovenia dulcis* no região sul de Blumenau, SC. *Floresta*, 42(4), 733. <https://doi.org/10.5380/ufv.v42i4.25054>

FERNÁNDEZ, A. D. 2012. Comparación del crecimiento en diámetro de *Hovenia dulcis* Thumb. en diferentes condiciones de suelo. Integradora Final. Universidad Nacional de Misiones. 33 pp.

FUKUDA, P. M. B. 2019. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de *Hovenia dulcis* Thumb. *Revista Ciência Da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 10 (2).

GONZALEZ, R. A.; Pereyra, O.; Suirez, T. M.; Eskiviski, E. 2003. Estudio de las propiedades tecnológicas de las maderas de cinco especies forestales de interés industrial de Misiones, Argentina. *Revista Yvyrareta* 11, pp. 35-41

INSAURRALDE, C. F. 2014. Potencialidad apícola y relevamiento fenológico de la flora mellifera en bosque natural de Misiones. Integradora Final Ingeniería Forestal - UNaM. 27 pp.

MAIOCCO, D. C.; Stehr, A. M.; Ortiz, H. 2015. Evaluación del comportamiento de la *Hovenia dulcis* en enriquecimiento de un bosque secundario de Misiones. *Acta de XXIX Jornadas Forestales de Entre Rios*, 1–4.

MINISTERIO DEL AGRO Y LA PRODUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE MISIONES. 2010. Ley XVI - N° 105. Extraído el 20 de junio de 2020, de: <https://agro.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2018/06/Ley-XVI-N%C2%BA-105-OTBN.pdf>.

MIRANDA, D.; Keller, H.; Amarilla, W.; Ritter, L.; Inzaurrealde, C. 2012. Recursos apibotánicos en zona de apiarios, Misiones, Argentina. 15as. Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF-UNaM-EEA INTA Montecarlo. ACTAS CD ISSN 1668538

PEREZ, O. A.; Dummel, C. J.; Grance, J. R. F.; Maiocco, D. C.; Grance, L. A.; Stehr, A. M. 2021. Evaluación del enriquecimiento de bosque nativo con *Bastardiopsis densiflora* (Hook et Arn) Hassl y de la regeneración natural, en Guaraní –Misiones - Argentina. Aceptado para su publicación *Revista Yvyrareta* año 2021. 8 pp.

RIGATTO, P. A.; Pereira, J. C.; Mattos, P. P.; Schaitza, E. G. 2001. Características Físicas, Químicas e Anatômicas da Madeira de *Hovenia dulcis*. Comunicado Técnico Embrapa Florestas 66. 4 pp.

SUIREZS, T. M.; Berger, G. 2009. Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Cuadernos de Cátedra. Editorial Universitaria de Misiones, 56 pp.

EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO INICIAL DE *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS DE MANEJO EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA.

EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT AND EARLY DEVELOPMENT OF *Dendrocalamus asper* (Schult.) Backer UNDER DIFFERENT MANAGEMENT TREATMENTS IN THE NORTH OF THE PROVINCE OF MISIONES, ARGENTINA.

Fecha de recepción: 18/08/2021 // Fecha de aceptación: 20/12/2021

Diego Broz

Dr. Ing. Ftal. Universidad Nacional de Misiones, CONICET, FCF, Bertoni 124 (N3382GDD), Eldorado, Misiones, Argentina. diegoricardobroz@gmail.com

Silvia Korth

Ing. Ftal. Universidad Nacional de Misiones, FCF, Bertoni 124 (N3382GDD), Eldorado, Misiones, Argentina. silviakorth@hotmail.com

Alejandro Roberto Vargas

Ing. Ftal. Universidad Nacional de Misiones, FCF, Bertoni 124 (N3382GDD), Eldorado, Misiones, Argentina. hidrogis2020@gmail.com

Hernan Sosa

Ing. Agr. Universidad Nacional de Misiones, FCF, Bertoni 124 (N3382GDD), Eldorado, Misiones, Argentina. profeunam81@gmail.com

Yvyraretá
Revista Forestal País de Árboles

RESUMEN

Se presentan los resultados del establecimiento y el desarrollo inicial de una plantación experimental de 1,00 ha de bambú. El ensayo se estableció según un diseño completamente aleatorizado, con 3 tratamientos replicados 3 veces, que consistieron en diferentes densidades de plantación: 100, 200 y 400 matas/ha obtenidas a partir de los siguientes espaciamientos: 10 m × 10 m, 10 m × 5 m, 5 m × 5 m respectivamente. Las variables de respuesta medidas al primer año de plantación fueron la circunferencia a la altura del cuello de la mata (CAC), la altura de la mata (H), los diámetros a la altura del cuello de todos los culmos por mata (DAC) y la cantidad de culmos por mata (N). El promedio general sin discriminar por tratamiento de densidad de cada variable relevada fue de 60,58 cm para el CAC, 2,48 m para H, 1,73 cm para el DAC y 5,46 culmos por mata para N. Según los resultados

SUMMARY

The results achieved in the establishment and initial development of an experimental plantation of 1,00 ha of bamboo are presented. The trial was established according to a completely randomized design, with 3 treatments replicated 3 times, which consisted of different planting densities: 100, 200 and 400 clumps/ha obtained from the following spacings: 10 m × 10 m, 10 m × 5m, 5m × 5m respectively. The effect of planting density on circumference at canopy collar height (CAC), canopy height (H), diameters at canopy collar height of all canes per canopy (DAC) and number of canes per canopy (N) were evaluated at the first year of planting. The general average without discriminating by density surveyed was 60.58 cm for CAC, 2.48 m for H, 1.73 cm for DAC and 5.46 culms per clump for N. According to the results obtained by ANOVA, the effects of planting

Christian Bulman Hartkopf

Ing. Ftal. Becario del CONICET-INTA. Av. el Libertador 2472, (N3384) Montecarlo, Misiones, Argentina.
bulman.c91@gmail.com

Juan Carlos Camargo

Dr., Agrólogo. Universidad Tecnológica de Pereira, FCA, Pereira, Colombia.
jupipe@utp.edu.co

Ignacio Gutierrez

Ing. en Industrias de la Madera. Universidad Nacional de Misiones, FCF, Bertoni 124 (N3382GDD), Eldorado, Misiones, Argentina.
ignacioguti@gmail.com

obtenidos por el ANOVA, los efectos de la densidad de plantación sobre las variables biométricas evaluadas no fueron significativos ($p < 0.05$). Adicionalmente se ajustaron funciones alométricas para estimar la altura de la mata y el número de culmos por mata. Sabiendo que la densidad de plantación es un factor importante a tener en cuenta en el manejo de este cultivo y que los datos fueron tomados al año de su establecimiento, se considera necesario continuar con el estudio de evolución de estas y otras variables a distintas edades de madurez.

Palabras Clave: bambú, silvicultura, plantación, manejo forestal

density on the biometric variables evaluated were not significant ($p < 0.05$). Additionally, allometric functions were adjusted to estimate the height of the canopy and the number of canes per canopy. Knowing that planting density is an important factor to take into account in the management of this crop and that the data were taken one year after its establishment, it is considered necessary to continue with the study of the evolution of these and other variables at different maturity ages.

Key Words: bamboo, silviculture, plantation, forest management.

INTRODUCCIÓN

Los bambúes son, generalmente, plantas leñosas y de gran porte que pertenecen a la familia de las Poaceas, subfamilia Bambusoideae. Cuentan con aproximadamente 70 géneros y más de 1.500 especies distribuidas naturalmente en una franja tropical y subtropical entre los 46° de latitud norte y los 47° latitud sur, entre Asia, América, África y Oceanía, con una distribución altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 4.300 m (PEÑA *et al.*, 2015; CLARK *et al.*, 2015). Morfológicamente, existen varias formas de clasificar a los bambúes. En este sentido, BANIK (2015) los clasifica en bambúes altos, enanos y trepadores; por su parte, CLARK *et al.* (2015) y PEÑA *et al.* (2015) los clasifica en dos grandes grupos, bambúes herbáceos y leñosos. Otra forma de clasificarlos es según el tipo de rizoma; encontrándose los leptomorfos monopodiales o bambúes corredores, cuyos rizomas son largo y finos y, los paquimorfos simpodiales o bambúes en mata, cuyos rizomas son cortos y gruesos (PEÑA *et al.*, 2015).

De esta familia botánica se deben destacar dos atributos muy deseables como ser su alta capacidad de adaptación a diferentes climas y condiciones edáficas y su rápido crecimiento, el cual permite realizar cosechas sin causar agotamiento y degradación de suelos (DEMONARI, 2009). Estas características permiten que los bambúes, especialmente los leñosos, sean de alto interés debido a su utilidad en la construcción, como combustible, ornamento, fabricación de utensilios, papel, alimento entre otros usos (KAUR *et al.*, 2016). En Argentina

hay siete géneros de bambúes nativos: *Chusquea*, *Guadua*, *Lithachne*, *Olyra*, *Merostachys*, *Rhipidocladum* y *Pharus*; y tres especies exóticas introducidas desde Asia: *Phyllostachys*, *Bambusa* y *Dendrocalamus*. A pesar de ello, en el país se cuenta con escasa información sobre la silvicultura, manejo y aprovechamiento de bambúes (PEÑA *et al.*, 2015).

Este recurso puede ser un material sustituto del metal y la madera tradicionales en la construcción. Los estudios muestran que, para productos hechos a base de bambú, los mercados se están expandiendo (PHIMMACHANH *et al.* 2015) debido especialmente al desarrollo de nuevos productos con base en la ingeniería en materiales (KAUR *et al.*, 2016). Varias regiones del país cuentan con un gran potencial para cultivar bambú, sin embargo, se deben tener ciertas consideraciones para lograr una producción acorde al propósito. La base de la industria es la oferta de materia prima en cantidad y calidad por lo cual la silvicultura y manejo de las plantaciones es muy importante, ya que permite cumplir los objetivos preestablecidos para el cultivo. Por lo tanto, mejorar la calidad del producto mediante un buen aprovechamiento, buenos tratamientos preindustriales, estandarización según los requerimientos del mercado podría contribuir en mejorar y hacer más eficiente esta actividad como alternativa económica incluso para pequeños productores (CAMARGO *et al.*, 2011).

Al tratarse el bambú de una monocotiledónea carece de crecimiento secundario, por lo que sus culmos elongan con un diámetro fijo predeterminado por la edad de madurez de la mata, la elongación máxima se aprecia luego del primer año (TRUJILLO y LÓPEZ, 2016). Según CAMARGO *et al.* (2008) la definición de la madurez de los culmos es subjetiva y se basa en características externas del mismo que

dependen de la presencia de líquenes u hongos sobre su superficie, lo cual puede variar según las condiciones de sitio y la región. Si éstos son cosechados en estados de madurez tempranos (muy jóvenes) o demasiado maduros, la calidad de los productos decrece para aplicaciones estructurales, laminados y artesanías e, incluso, son rechazados en el mercado (GARCÍA, 2004).

La densidad poblacional es otro factor a tener en cuenta en la gestión de este recurso. Los estudios muestran que las densidades de culmo más bajas dan como resultado un aumento del diámetro a la altura del pecho (*DAP*, diámetro considerado a 1,3 m), pero disminuyen la biomasa total (por unidad de área), mientras que las densidades de culmo más altas se relacionan con la reducción del *DAP* y mayor biomasa (KLEINHENZ y MIDMORE, 2001). Esto indica que la densidad de plantación es un factor fundamental cuando se trata de orientar la producción a la obtención de biomasa o para aplicaciones estructurales. CHEN *et al.* (2004) estudiaron el impacto del cambio del *DAP* en la distribución proporcional de la biomasa entre los compartimientos del bambú (culmos, ramas y hojas) y concluyeron que no hay diferencia significativa. Sin embargo, estos resultados también indican las necesidades y los beneficios de mediciones y reportes más completos y estandarizados de los datos de diámetro y altura de bambú, incluidos parámetros como la densidad y espesor de la pared del culmo. Es importante tener en cuenta que, en plantaciones en fase tempranas de desarrollo, se considera importante la densidad de matas, pero también la densidad dentro de cada mata.

Uno de los géneros más importantes dado su amplio espectro de usos, es el *Dendrocalamus* también conocido como “Bambú Gigante”, originario del sudeste de Asia. Según BENTON (2015) y MALANIT *et al.* (2011) los culmos pueden llegar a los 30 m de longitud, con internudos de 20 a 45 cm de longitud, 20 cm de *DAP* y hasta 27 mm de espesor de pared. Una de las principales ventajas de este género es que puede ser utilizado con fines estructurales (MALANIT *et al.*, 2011). Actualmente existen pocos países que se dedican al cultivo de esta especie, lo que ha marcado una verdadera revolución productiva debido a los bajos costos para obtener una plantación lograda (aproximadamente 2 años). Por otra parte, también este género aporta otras grandes ventajas para el medio ambiente debido a su gran capacidad de fijación de carbono en biomasa, en el orden de las 30 a 104 toneladas/hectáreas, dependiendo de la densidad de plantación y edad (*Dendrocalamus trictus*) (KAUSHAL *et al.*, 2016; NATH *et al.*, 2015; SINGH *et al.*, 2006).

En la provincia de Misiones la especie *Dendrocalamus asper* está siendo implantada gracias

al Plan Bambú Misiones (PBM, 2018) desarrollado en la órbita del Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables (MEyRNR). A través de este, se subsidia la entrega de plántulas a pequeños productores como alternativa de diversificación productiva. Sin embargo, en la región no se cuenta con una línea de investigación sobre silvicultura y manejo de esta especie, incluso, es escasa a nivel mundial, pero existen algunas experiencias como en el caso de la empresa Orquídeas S.R.L., localizada en San Ignacio, Misiones que cuenta con 20 ha cultivadas y un importante vivero de propagación vegetativa.

Aún no se cuenta con información sistematizada sobre el manejo de los culmos, lo cual conlleva a un manejo extractivista, sin posibilidad de prever ofertas futuras, tanto en cantidad como en calidad. Tampoco se realiza seguimiento de las plantaciones, relevamiento de datos sistematizados y análisis para determinar rendimientos, ajustes de ecuaciones de biomasa, modelos predictivos, entre otras cuestiones que son muy importantes para la consolidación de una cuenca productiva. En este sentido se plantea, como hipótesis de trabajo, que las diferentes densidades de plantación implican diferentes desarrollos iniciales, incluso sin encontrarse en competencia interespecífica.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El ensayo instalado en el mes de septiembre del año 2019, cuenta con una superficie de 1,00 hectárea y se encuentra ubicado en la localidad de Colonia Victoria, Departamento Eldorado, Misiones, Argentina, siendo su centroide 26°18'40.41" de latitud Sur y 54°36'49.51" de longitud Oeste. El suelo es homogéneo en toda la extensión, perteneciendo al grupo Kandiuult (SOIL SURVEY STAFF, 2010), rojo, bien drenado, libre de fragmentos gruesos y con una profundidad efectiva superior a los 2 metros. El relieve es suave ondulado con pendientes del orden del 3 a 4 %. La evaluación física del suelo arroja valores típicos de un lote agrícola, con una densidad aparente de 1,16 g/cm³, valor medio para este tipo de suelos. El resultado del análisis químico del suelo indica un bajo porcentaje de materia orgánica de 2,08 % y un de pH 5,5. Los niveles de nutrientes son de 0,15 % para el nitrógeno (N), 1,87 ppm de fósforo (P), 0,66 meq/100g para el potasio (K) y 6,34 meq/100g calcio (Ca). Según valores establecidos por SOSA 1996, citado por ECHEVERRIA *et al.* (2015), indican niveles de P muy por debajo del límite aceptable para un suelo agrícola, sin embargo, el contenido de K y Ca arrojan valores altos con respecto al límite aceptable y para el caso del N, el nivel está por debajo del límite aceptable.

Caracterización del ensayo

El material experimental corresponde a plantones de *D. asper* de un año de edad y de 70 cm de altura en promedio. El enraizamiento y cultivo se llevó a cabo en macetas de 4 litros colocadas sobre loza radiante hasta el momento del despacho. La preparación del suelo se realizó en el mes de agosto del año 2019 y consistió en dos pasadas cruzadas de rastra de disco con una profundidad de entre 15 a 20 cm (Imagen 1).

En el mes de septiembre se realizó la plantación con hoyadora realizando pozos de 30 cm de profundidad, a los cuales se le incorporó 25 gramos de un fertilizante NPK (15-15-15) y 1,00 litro de gel forestal hidratado antes de establecer los plantones (Imagen 2).

Pasado los 30 días desde la plantación se repusieron 4 plantones, considerando un 1,7% de

reposición por falla. A los 6 meses de la plantación se realizaron tratamientos culturales que consistieron en un desmalezado homogéneo en toda la extensión del ensayo haciendo uso de motoguadaña y machete.

Dada la homogeneidad del sitio se optó por instalar el ensayo bajo un diseño completamente aleatorizado, considerando la densidad de plantación como el factor (tratamiento) a ensayar a tres niveles distintos (100, 200 y 400 plantas/ha). Cada tratamiento fue replicado tres veces (Figura 1), considerando el tamaño de parcela de 1.111 m², lo que totaliza una superficie experimental total de 10.000 m². En la tabla 1 se muestran las características de los tratamientos ensayados respecto de las densidades de plantas y sus espaciamientos, así como el área útil por mata y el número de matas por parcela.



Imagen 1. Sitio con el suelo preparado listo para la plantación en agosto de 2019
Image 1. Site with prepared soil ready for planting in August 2019



Imagen 2. Ensayo instalado en septiembre de 2019
Image 2. Essay installed in September 2019

Tabla 1. Caracterización de los tratamientos
Table 1. Treatments characterization

| Tratamiento | Densidad (matas/ha) | Espaciamiento | Área útil promedio (m ² /mata) | Plantas (matas/parcela) |
|--------------------|---------------------|---------------|---|-------------------------|
| Tratamiento 1 (T1) | 100 | 10 m × 10 m | 11 | 11 |
| Tratamiento 2 (T2) | 200 | 10 m × 5 m | 5,5 | 22 |
| Tratamiento 3 (T3) | 400 | 5 m × 5 m | 2,75 | 44 |

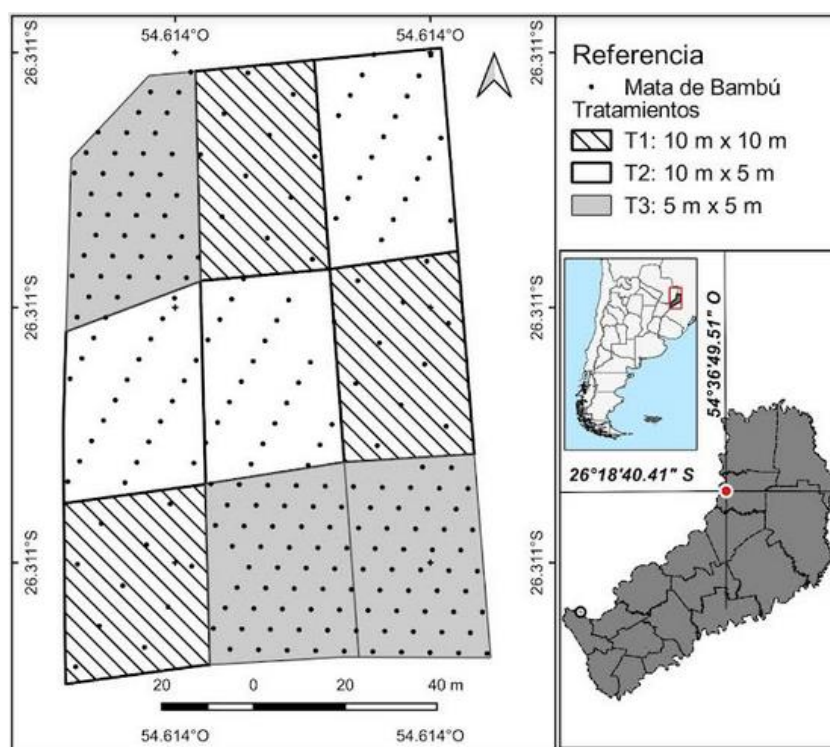


Figura 1. Ubicación geográfica del ensayo y distribución de los tratamientos
Figure 1. Geographic location of the trial and distribution of treatments

VARIABLES REGISTRADAS POR MATA

A fin de caracterizar inicialmente la plantación experimental de *D. asper* se realizó, al año de su establecimiento, un relevamiento de variables biométricas, midiendo la circunferencia a la altura del cuello de la mata (*CAC*) en el primer entrenudo, la altura de la mata (*H*) considerando al culmo más largo de la mata, los diámetros a la altura del cuello de todos los culmos por mata (*DAC*) y el número de culmos por mata (*N*). Se entiende por culmo a cada caña o vara, mientras que la mata es el conjunto de culmos pertenecientes a una planta. Para la determinación del *CAC* de las matas se utilizó una cinta métrica ± 1 mm de precisión, midiendo la misma al nivel del suelo. El *DAC* de los culmos se obtuvo mediante el uso de calibre con una precisión $\pm 0,02$ mm y la altura de la mata con una vara telescópica con una precisión de ± 1 cm (ver Imagen 3).

PROCESAMIENTO DE DATOS DE PARCELAS EXPERIMENTALES

Con los datos relevados se construyeron diferentes variables como ser *CAC mata* (cm), la cual se obtuvo dividiendo la suma de las circunferencias individuales por la cantidad de matas. Para obtener el *DAC culmo* (cm) se determina previamente el diámetro medio de los culmos por mata y realizando el promedio de este dividiendo el mismo por el número de matas. La *H mata* (m) se obtuvo promediando las alturas de todas las matas por tratamiento. Para obtener el número de culmos medio por mata (*N culmo*) se determina el número de culmos por mata a través de la sumatoria de todos los culmos presentes por mata y luego se realiza el promedio de este último.



Imagen 3. Estado del ensayo al momento de la medición al año de plantación.
Image 3. Status of the test at the time of measurement to the year of planting.

Análisis estadístico

Primeramente, se realiza una caracterización del ensayo a través de la determinación de los valores medios y otras medidas descriptivas características de las variables relevadas. Los gráficos de cajas y bigotes presentan información acerca del valor de la mediana, la media y los cuantiles 0,25 y 0,75, y los bigotes el valor de la media más menos tres desvíos estándar, también muestran la presencia de valores extremos. Si se observan junto a los polígonos de frecuencia y gráfico de barras se tiene una buena representación de la forma en que las variables bajo estudio se distribuyen de acuerdo con la densidad de plantación.

Seguidamente se lleva a cabo un análisis de variancia (ANOVA), a fin de determinar si el efecto de los tratamientos sobre las variables relevadas a un año de la instalación del ensayo con *D. asper* es significativo. Complementariamente se realiza un análisis de correlación para evaluar la existencia de asociación entre las variables y un análisis de regresión lineal, buscando desarrollar y ajustar relaciones funcionales que expliquen la variación de la variable dependiente en relación con la o las variables explicativas o independientes involucradas en los modelos.

En ambos casos se aplicaron modelos lineales mixtos por la necesidad de dar respuesta a los incumplimientos de los supuestos que sustentan ambos métodos, dada la naturaleza que va adquiriendo el experimento y de la información emanada del mismo, que es básicamente de medidas repetidas en el tiempo. Se probaron los supuestos de homogeneidad de variancia de los errores, su independencia y el tipo de distribución de estos. Uno de los beneficios más importantes que pueden obtenerse con el uso de modelos mixtos es la posibilidad de incrementar la

precisión de las estimaciones (BALZARINI *et al.*, 2012; BALZARINI *et al.*, 2006). Para todos los análisis se utilizó el software InfoStat como intérprete de R (DI RIENZO *et al.*, 2018).

ANOVA

Mediante la implementación de modelos lineales mixtos hace posible modelar la respuesta del ensayo como función de factores cuyos efectos pueden considerarse tanto como constantes fijas o como variables aleatorias (modelo condicional), también existe la opción de manejar las correlaciones de manera explícita a través de la modelización de la estructura de correlación (modelo marginal). Adicionalmente se incorporan diferentes modelos de heterocedasticidad cuando el supuesto de homocedasticidad no se cumple. En esta oportunidad se consideran las correlaciones en forma explícita y al basarse en el primer relevamiento de datos el supuesto de independencia de los errores se cumple. Ya en la segunda intervención se modelizará la matriz de correlación a partir de una estructura Auto-regresiva de orden 1. Para el ajuste del modelo de ANOVA se utilizó como método de estimación el de máxima verosimilitud restringida (REML). Para estimar los efectos fijos del modelo mixto se implementó el método de los mínimos cuadrados generalizados. En este caso, las pruebas de hipótesis son del tipo secuencial. La especificación siguiente representa al modelo marginal definido en la Ec. 1 (DI RENZO *et al.*, 2009).

$$y_i = \mu + \tau_i + \varepsilon_i; i = 1 a T \quad (1)$$

$$\varepsilon_{ijk} \approx N(0, \Sigma_j)$$

Donde y_i es la respuesta al i -ésimo tratamiento, μ la media general de la variable bajo estudio, τ_i los efectos fijos de los tratamientos, ε_i el término del error asociado a la observación y_i . T es el número de niveles de densidad. ε_{ijk} el término del error asociado a la observación Y_{ijk} . Σ_j matriz de covariancia en la cual se encuentran incluidas σ^2 y ρ .

Como resultado de cada ANOVA se obtienen los valores de F junto al p-valor. Además, se agregan los estadísticos de bondad de ajuste como el criterio de información de Akaike (*AIC*) y el criterio Bayesiano de Información (*BIC*), Sigma (la estimación de σ_ε , siendo este el desvío estándar de ε_i) y el coeficiente de determinación (R^2). Complementariamente se realizó una comparación múltiple entre medias del tipo mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher (DI RENZO *et al.*, 2009), considerando un nivel de significancia del 5 %, buscando identificar posibles diferencias significativas en términos estadísticos entre las medias de los tratamientos.

Análisis de correlación y regresión lineal

El análisis de correlación se efectúa a fin de encontrar asociaciones entre las variables bajo estudio, determinando el coeficiente de correlación lineal de Pearson (R), que indica la fuerza y dirección de la asociación lineal entre dos variables, sin depender de las unidades de medida de las variables. Además, se realiza una prueba de t como test de significancia estadística sobre R .

Donde las correlaciones entre variables fueron significativas ($p < 0,05$) se procedió con el análisis de regresión lineal. Una vez ajustado el modelo de regresión se hace posible predecir, considerando la precisión del modelo, el valor promedio que tomaría la variable dependiente para valores establecidos de la variable independiente.

En este trabajo se ajustan modelos de regresión lineal tomando como variables dependientes aquellas de difícil medición como ser *H mata* y *N culmo*, utilizando como variables predictoras al *CAC mata* y *DAC culmo*, y combinaciones de estas. La relación entre estas variables se caracteriza por un modelo estadístico-matemático conocido como función de regresión lineal simple o múltiple. El modelo de regresión lineal múltiple se define en las ecuaciones 2 y 3.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon \quad (2)$$

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i; i = 1, \dots, n \quad (3)$$

Donde y es variable respuesta, dependiente o predicha, x es la variable regresora, explicativa o independiente, β_0 es el parámetro desconocido que representa la ordenada al origen de la recta, $\beta_1 \dots, \beta_k$ son los parámetros desconocidos o coeficientes de regresión parciales que representan las tasas de cambio en y frente al cambio unitario de x_1, x_2, \dots, x_{ki} respectivamente, si se consideran constantes al resto de las x_j , ε es el término de error del modelo o ruido aleatorio. y_i y x_i denotan los pares de valores observados para cada una de las variables.

En la tabla 2 se detallan los modelos ajustados, siendo la ecuación N° 3 la única que incluye más de una variable independiente.

Tabla 2. Modelos predictivos de *H mata*, *DAC culmo* y *N culmo*.

Table 2. Predictive models of *H mata*, *DAC culmo* and *N culmo*.

| N° | Modelos ajustados |
|----|--|
| 1 | <i>H mata</i> = $b_0 + b_1$ <i>CAC mata</i> |
| 2 | <i>H mata</i> = $b_0 + b_1$ <i>DAC culmo</i> |
| 3 | <i>H mata</i> = $b_0 + b_1$ <i>CAC mata</i> + b_2 <i>DAC culmo</i> |
| 4 | <i>N culmo</i> = $b_0 + b_1$ <i>CAC mata</i> |

Se utiliza para el ajuste de los modelos de regresión el método de estimación de máxima verosimilitud (ML) y las pruebas de hipótesis del tipo secuencial. Una vez ajustados los modelos y estimados los coeficientes de regresión se evalúa la contribución y significancia de cada coeficiente individualmente a través de la prueba de t . Se presentan los valores de t , los coeficientes b_i , el error estándar de b_i y sus valores de probabilidad (p -valor). Los estadísticos de bondad de ajuste utilizados para evaluar los modelos ajustados son *AIC*, *BIC*, Sigma y R^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del caso de estudio

En la Tabla 3 se presentan los estadísticos descriptivos que caracterizan al ensayo para la edad de un año. Respecto de los valores medios de *CAC mata* se puede observar que T3 presenta los mayores valores seguido por T2 y T1. Esta misma tendencia puede ser observada en la variable *H mata* promedio. El *DAC culmo* promedio es mayor en el T2 con un valor de 1,81 cm, comparable al obtenido en T3. En cuanto a la variable *N culmo* los valores medios son mayor en el T1 con 5,65 culmos por mata, seguido por T3 y finalmente T2.

Para tener una estimación del número de culmos totales por hectárea, variable que es trascendente para determinar la producción del cultivo, se realiza el producto entre el número de

matas implantadas según el tratamiento de densidad por el *N culmo* promedio obtenido según tratamiento. En este sentido se obtienen al primer año en promedio 565 culmos por hectárea en T1, 1.044 culmos en T2 y 2.204 culmos en T3. Respecto de la mortalidad esta resultó ser baja, 2 plantas de un total de 235 establecidas representando solamente el 1%, indicando una alta supervivencia de las plantas instaladas en campo.

Los siguientes gráficos de cajas y bigotes junto con los polígonos de frecuencia y gráfico de barras muestran cómo se distribuyen las variables bajo estudio. En las Figuras 2A y 3A se observa que las distribuciones de la variable *CAC mata* para los tres tratamientos son aproximadamente simétricas, siendo éstas muy similares en cuanto a forma. El sesgo para T1 y T3 es positivo y para T2 negativo. Las *CAC mata* más frecuentes para T1 y T3 son de 50 cm y de 70 cm para el T2. No se observan valores extremos.

En cuanto a *H mata* las distribuciones según tratamiento muestran una significativa asimetría positiva, indicando la existencia de algunos culmos con alturas elevadas cuales generan estas influencias. En T1 y T2 las alturas más frecuentes están en el orden de los 1,50 m, en T3 una gran proporción de culmos tienen alturas superiores a los 2,50 m. La

dispersión media de la variable es alta, con valores mínimos y máximos de altura que van desde los 10 cm a los 5,20 m, sin presencia de valores extremos (Fig. 2B y 3B).

Respecto de la variable *DAC culmo* en las Figuras 2C y 3C se detectan distribuciones muy similares con marcada asimetría positiva, indicando la presencia de diámetros de culmos grandes que arrastran la distribución hacia la derecha. Entre un 70 y 80% de los culmos presentan un *DAC* de 1,50 cm. La dispersión media que tiene la variable también es elevada, observándose 6 valores extremos los cuales fueron considerados en los análisis estadísticos posteriores.

La distribución de la variable *N culmos* promedio por mata, según Figuras 2D y 3D, presenta una asimetría positiva, con valores de media superiores a los de la mediana, indicando presencia de valores altos de *N culmos* que sesgan la distribución hacia la derecha. Más del 50% de las matas estudiadas en los tres tratamientos de densidad presentan entre 4 a 6 culmos, así mismo un 25 a 30% de las matas presentan de 7 a 9 culmos. Se observa la existencia de un valor extremo en T1 (14 culmos por mata), que se mantiene en el análisis estadístico.

Tabla 3. Resumen descriptivo de las variables biométricas evaluadas
Table 3. Descriptive summary of the biometric variables evaluated

| Tratamiento | Variable | n | Media | D.E. | CV | Mín | Máx |
|---------------------|-----------------------|-----|-------|-------|-------|------|------|
| 1 [100 matas/ha] | <i>CAC mata (cm)</i> | 40 | 59,10 | 17,02 | 28,79 | 20 | 90 |
| | <i>H mata (m)</i> | 40 | 2,30 | 0,76 | 33,12 | 1,3 | 4,4 |
| | <i>DAC culmo (cm)</i> | 40 | 1,57 | 0,44 | 28,36 | 0,83 | 2,96 |
| | <i>N culmo</i> | 40 | 5,65 | 2,68 | 47,52 | 1 | 14 |
| 2 [200 matas/ha] | <i>CAC mata (cm)</i> | 65 | 59,26 | 21,63 | 36,50 | 5 | 119 |
| | <i>H mata (m)</i> | 65 | 2,51 | 1,02 | 40,83 | 0,1 | 5,2 |
| | <i>DAC culmo (cm)</i> | 65 | 1,81 | 0,80 | 44,30 | 0,5 | 4,97 |
| | <i>N culmo</i> | 65 | 5,22 | 2,04 | 39,16 | 1 | 10 |
| 3 [400 matas/ha] | <i>CAC mata (cm)</i> | 128 | 63,38 | 20,46 | 32,28 | 3 | 121 |
| | <i>H mata (m)</i> | 128 | 2,62 | 0,99 | 37,81 | 0,42 | 5,15 |
| | <i>DAC culmo (cm)</i> | 128 | 1,80 | 0,65 | 35,82 | 0,3 | 4,53 |
| | <i>N culmo</i> | 128 | 5,51 | 2,02 | 36,60 | 1 | 10 |

Donde: [n] número de matas relevadas por tratamiento; [D.E.] desvío estándar; [CV] coeficiente de variación; [Mín.] mínimo; [Máx.] máximo.

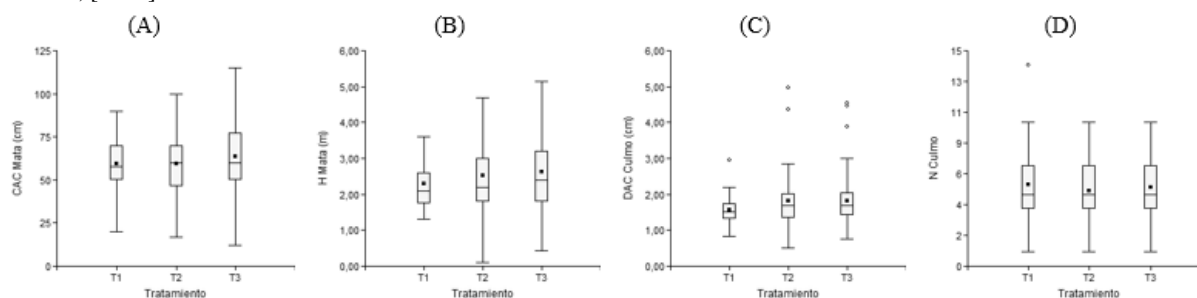


Figura 2. Gráficos de cajas y bigotes para las variables según tratamiento
Figure 2. Box-and-whisker plots for the according to treatment

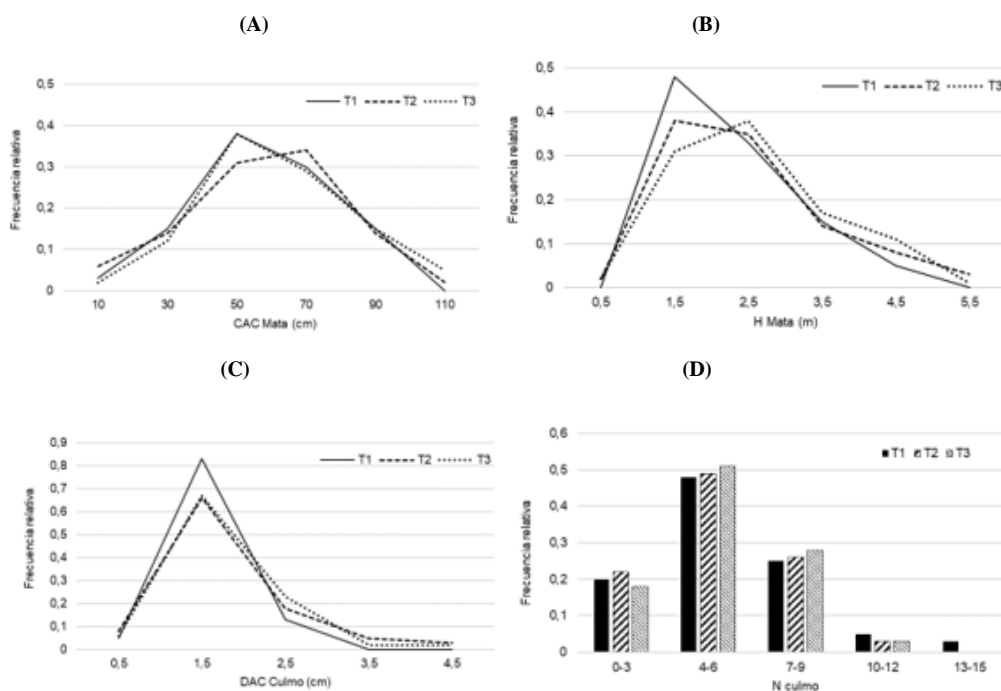


Figura 3. Distribuciones de frecuencias relativas de las variables según tratamiento
Figure 3. Relative frequency distributions of the according to treatment

Efectos de la densidad sobre las variables biométricas

Según los resultados obtenidos en los ANOVA los efectos de la densidad de plantación no fueron significativos considerando las variables evaluadas al año de su establecimiento.

La Tabla 4 presenta los estadísticos de significancia estadística y bondad de ajuste resultantes del ANOVA para las cuatro variables biométricas. Se puede observar que la variable *CAC mata* no se vio influenciada por las diferentes densidades de plantación al año de su instalación. Según los resultados obtenidos no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias para las diferentes densidades de plantación. Las pruebas de los supuestos indican cumplimiento pleno. La variable *H mata* no fue afectada significativamente por la densidad de plantación al año de instalado el ensayo; los supuestos que sustentan el método se cumplen para la variable en cuestión. En cuanto al *DAC culmo* éste tampoco se ve afectado por la densidad, quedando demostrado así la homogeneidad estadísticamente entre las medias obtenidas en cada tratamiento al año de establecido el experimento. Para esta variable los supuestos también se cumplen. Respecto de *N culmos* promedio por mata los resultados del ANOVA indican que tanto en el tratamiento de densidad medio, alto y bajo la variable tampoco difiere en términos estadísticos. El supuesto de variancia homogénea siempre cumple, así como el de independencia de los errores. Para todos los casos

el R^2 indica que el factor densidad de plantación explica entre 1 y 2% la variabilidad de las características evaluadas al primer año. Los indicadores de la bondad de ajuste del modelo de ANOVA AIC, BIC y Sigma muestran valores altos.

De acuerdo con los resultados de estudios de KLEINHENZ Y MIDMORE (2001) densidades de culmo bajas dan como resultado un aumento del *DAP*, sin embargo, al evaluar los resultados del presente ensayo no se detectó un impacto significativo de los diferentes tratamientos de densidad sobre los diámetros de los culmos, y a su vez la correlación entre ambas variables *N culmos* y *DAC culmo* aún no demostró ser significativa (ver tabla 6).

Se considera que, debido al corto periodo desde el establecimiento, la densidad de plantas que favorecería la competencia entre matas no muestra un efecto significativo hasta la fecha de evaluación. No obstante, en términos numéricos entre plantas el efecto pudiera ser notable, ya que al observar los resultados presentados en la tabla 4, a una mayor densidad plantas (400 matas/ha) se observó un mayor *CAC mata* (59,10 cm en T1, 59,26 cm en T2 contra 63,38 cm en T3), sin presentar diferencias estadísticas significativas. Esta diferencia numérica probablemente se deba a que al haber más plantas por unidad de superficie la competencia de las malezas se reduce por el sombreado que producen los culmos, así mismo el efecto de las heladas también puede ver minimizado. Esta relación será evaluada en próximos estudios.

Tabla 4. Estadísticos de significancia estadística y bondad de ajuste de las cuatro variables
Table 4. Statistics of statistical significance and goodness of fit of the variables

| Variable | (F; p-valor) | AIC | BIC | Sigma | R ² |
|-----------------------|-----------------|----------|----------|-------|----------------|
| <i>CAC mata (cm)</i> | 0,93; 0,3949 ns | 2.057,32 | 2074,51 | 20,26 | 0,01 |
| <i>H mata (m)</i> | 1,66; 0,193 ns | 658,32 | 675,51 | 0,96 | 0,01 |
| <i>DAC culmo (cm)</i> | 2,21; 0,111 ns | 488,1 | 505,29 | 0,67 | 0,02 |
| <i>N culmo</i> | 0,57; 0,5675 ns | 1.027,63 | 1.044,82 | 2,15 | 0,01 |

Donde: [p-valor] valor de probabilidad que indica homogeneidad estadística cuando el mismo es superior al 0,05 (nivel de significancia), [s] significativo a nivel de alfa de 0,05; [ns] no significativo. Códigos de significación para el p-valor: *** [0 a 0,001]; ** (0,001 a 0,01); * (0,01 a 0,05); · (0,05 a 0,1); sin código (0,1 a 1).

Análisis de correlación y regresión lineal.

Comprobación de la significancia de la correlación

En la Tabla 5 se exponen los resultados del análisis de significancia del coeficiente de correlación (*R*). Se observa que existe correlación lineal positiva medianamente fuerte entre las variables *CAC Mata* y *H Mata*, *CAC Mata* y *DAC Culmo*, *CAC Mata* y *N culmo*, *H Mata* y *DAC Culmo* con valores de *R* de 0,48, 0,52, 0,52 y 0,68 respectivamente. El valor de *R* entre *H Mata* y *N Culmo* toma un valor de 0,13, el cual indica que la magnitud de la asociación entre ambas es débil siendo su dirección positiva, sin embargo, se presenta como significativa. La asociación entre *DAC Culmo* y *N culmo* se considera no significativa, siendo el valor de *R* de -0,04.

Análisis de los estimadores de regresión parciales y calidad del ajuste del modelo de predicción

Partiendo del análisis de correlación se realizaron los ajustes de los modelos de regresión expuestos en la Tabla 3, considerando como variables predichas aquellas de difícil determinación y como variables independientes a aquellas con las cuales presentan correlaciones significativas y son más fáciles de obtener. En la tabla 6 se presentan los valores de los coeficientes de regresión junto a los estadísticos de bondad de ajuste para cada modelo. Para el ajuste se utilizaron todos los pares de valores de las variables involucradas en el análisis sin discriminar por tratamiento de densidad dado que según los resultados del ANOVA no existieron efectos significativos de los mismos sobre las variables. Se comprobaron los supuestos que sustentan el método.

Al ajustar el modelo 1 para *H mata*, tomando a *CAC mata* como variable independiente, se observa que ambos estimadores de regresión parciales aportan de manera significativa a la regresión. El valor de b_1 indica que al incrementarse *CAC mata* en 1 cm la *H mata* se acrecienta en 0,023 m. El valor de R^2 es relativamente bajo, revelando que solo un 23% de la variación del *H mata* está explicado por el modelo lineal simple que contiene como variable explicativa a *CAC mata*. El valor de Sigma es de 0,85 m, indicando

cuanto varían los valores observados de altura de los culmos con relación a los valores estimados en base al modelo de regresión ajustado.

A partir del ajuste del modelo 2 para *H mata*, que considera como variable predictora a *DAC culmo*, se logran coeficientes de regresión significativos según el test de t. Respecto al valor del b_1 se interpreta que si el *DAC* se incrementa en una unidad la *H* promedio de los culmos por mata aumenta en 0,80 m. Se observa que los indicadores de bondad de ajuste del modelo mejoran, con una disminución en el AIC, BIC y Sigma. R^2 aumenta respecto del modelo anterior, indicando en este caso que alrededor del 46% de la variabilidad de *H mata* está explicado por el modelo ajustado. En este sentido *DAC culmo* explica mejor el comportamiento de *H mata*, pudiendo esta ser utilizada para estimar la altura promedio de los culmos a la edad de un año.

El modelo 3, predictivo de *H mata*, incluye tanto a *CAC mata* como *DAC culmo* como variables predictoras de *H mata*. Los resultados del ajuste del modelo de regresión lineal múltiple indican que ambos coeficientes (b_1 y b_2) de las variables independientes tuvieron contribuciones estadísticamente significativas según la prueba t. Sus valores indican una tasa de cambio de 0,0081 m de *H culmo* por cada centímetro de incremento de *CAC mata*, así como un aumento de 86 cm en la altura media de culmo por cada unidad de incremento de *DAC culmo*. En cuanto la calidad del ajuste el resumen de salida presentado en la tabla 7 muestra que el R^2 aumenta a 0,48, o sea que el 48% de la variación del *H mata* está explicado por el modelo lineal múltiple que contiene en este caso a las dos variables explicativas. El hecho de haber agregado al modelo la variable explicativa *CAC mata* implicó un aumento de sólo el 2% en R^2 . Se observa una leve disminución de los valores AIC, BIC y Sigma.

El modelo 4 de predicción de *N culmo* a partir de la variable explicativa *CAC mata* muestra que sus coeficientes aportan de manera significativa a la regresión lineal. El número de culmos promedio se incrementa en 0,055 cuando la circunferencia de la mata aumenta en un centímetro. En cuanto a la bondad

de ajuste 27% de la variabilidad del número de culmos está explicada por el modelo de regresión que contiene a *CAC mata* como variable independiente. En cuanto a Sigma su valor indica que es de 1,83 culmos.

En términos generales las bondades de ajuste de los modelos predictivos de las variables biométricas desarrolladas son bajas, con valores de R² que van de los 23 a 48%. Teniendo en cuenta estos resultados, donde la variabilidad explicada según el coeficiente de determinación es aún baja (<50%), no

resulta revelador la aplicación de estos modelos como herramientas predictivas en la práctica. Es necesario seguir realizando mediciones de las variables, a fin de encontrar relaciones verdaderamente significativas entre *CAC* y *DAC*, así como con *H* y *N*. En el campo de las regresiones se profundizaría posteriormente probando otro tipo de modelos no lineales o modelos donde se transforman las variables o se ponderan los residuos (weighted) para reducir heteroscedasticidad.

Tabla 5. Coeficientes de correlación lineal de Pearson y su significancia estadística
Table 5. Pearson's linear correlation coefficients and their statistical significance

| Variable 1 | Variable 2 | n | R | p-valor | |
|-----------------------|-----------------------|-----|-------|------------|--------|
| <i>CAC Mata (cm)</i> | <i>H Mata (m)</i> | 233 | 0,48 | <0,0001*** | s |
| <i>CAC Mata (cm)</i> | <i>DAC Culmo (cm)</i> | 233 | 0,52 | <0,0001*** | s |
| <i>CAC Mata (cm)</i> | <i>N Culmo</i> | 233 | 0,52 | <0,0001*** | s |
| <i>H Mata (m)</i> | <i>DAC Culmo (cm)</i> | 233 | 0,68 | <0,0001*** | s |
| <i>H Mata (m)</i> | <i>N Culmo</i> | 233 | 0,13 | 0,0416* | s |
| <i>DAC Culmo (cm)</i> | <i>N Culmo</i> | 233 | -0,04 | 0,5027 | n s |

Donde: [R] coeficiente de Correlación de Pearson

Tabla 6. Coeficientes de regresión lineal simple y estadísticos de la bondad de ajuste
Table 6. Simple linear regression coefficients and statistics of the goodness of fit

| Modelo N° | Coefficientes | Estimación | E.E. | T | p-valor | n | AIC | BIC | Sigma | R ² |
|-----------|------------------------------------|------------|-------|-------|------------|-----|--------|--------|-------|----------------|
| 1 | Intercepto (b ₀) | 1,1087 | 0,178 | 6,230 | <0,0001*** | 233 | 591,10 | 604,90 | 0,85 | 0,23 |
| | <i>CAC mata</i> (b ₁) | 0,0231 | 0,003 | 8,448 | <0,0001*** | | | | | |
| 2 | Intercepto (b ₀) | 0,8008 | 0,130 | 6,145 | <0,0001*** | 233 | 507,30 | 521,10 | 0,71 | 0,46 |
| | <i>DAC culmo</i> (b ₁) | 0,9818 | 0,070 | 14,11 | <0,0001*** | | | | | |
| 3 | Intercepto (b ₀) | 0,5201 | 0,157 | 3,313 | 0,0011** | 233 | 499,82 | 517,06 | 0,694 | 0,48 |
| | <i>CAC mata</i> (b ₁) | 0,0081 | 0,003 | 3,095 | 0,0022** | | | | | |
| 4 | <i>DAC culmo</i> (b ₂) | 0,8570 | 0,079 | 10,8 | <0,0001*** | 233 | 950,15 | 963,96 | 1,83 | 0,27 |
| | Intercepto (b ₀) | 2,0453 | 0,385 | 5,317 | <0,0001*** | | | | | |
| | <i>CAC Mata</i> (b ₁) | 0,0554 | 0,006 | 9,315 | <0,0001*** | | | | | |

Donde: [E.E.] error estándar residual

CONCLUSIONES

Como la densidad de implantación es un factor importante a tener en cuenta en el manejo de este cultivo, es necesario continuar con el estudio a fin de estudiar la evolución de las variables biométricas que lo caracterizan, ya que al año de implantación el impacto de la densidad no fue significativo en términos estadísticos.

Los modelos de predicción del comportamiento medio de las variables estudiadas son preliminares y hasta la fecha sencillos en su forma matemática. Su aplicación se limita a plantaciones de *D. asper* de un año de edad, además demostraron tener calidades de ajuste bajas y no fueron validadas en su capacidad predictiva a partir de una muestra independiente. El método de ajuste implementado posteriormente servirá para hacer frente a la naturaleza de los datos que será del tipo longitudinal, ya que surgen de medidas repetidas sobre los mismos individuos, y en mediciones posteriores se irán incumpliendo el supuesto de independencia de los errores.

No se midieron los diámetros a la altura del pecho como propone la literatura, ya que la mayoría de estos no alcanzaban la altura de referencia. Es por esta razón que en el futuro se propone determinar el largo, curvatura del culmo y *DAP*, así como el espesor de pared a diferentes alturas, longitud de entrenudo, volumen aparente y la biomasa. Estas características biométricas de los culmos, la mata y de la masa serán determinadas a medida que la plantación experimental vaya evolucionando. Se desarrollarán diferentes relaciones alométricas entre medidas tomadas en el mismo individuo, determinando el volumen, la biomasa y carbono acumulado de los culmos, así como su largo y espesor de pared a fin de construir modelos para predecir estas variables en base a aquellas de fácil medición. Es necesario poner más énfasis en las relaciones de espacio y competencia a fin de poder centrar más la discusión sobre estos aspectos característicos del ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- BALZARINI, M.; Macchiavelli, R.; Casanoves, F. 2006. Aplicaciones de Modelos Mixtos en Agricultura y Forestería. Apuntes de clases de Posgrado Mérida, Venezuela. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, Universidad de Puerto Rico y CATIE, Costa Rica.
- BALZARINI, M.; Di Rienzo, J.; Tablada, M.; González, L.; Bruno, C.; Córdoba, M.; Casanoves, F. 2012. Estadística y Biometría. Ilustraciones del uso de Infostat en problemas de agronomía. Universidad Nacional de Córdoba. 380 pp.
- DEMONARI, S.M. 2009. Viverización de Tacuaruzú, *Guadua chacoensis* (Rojas) Londoño & Peterson. Integradora II (trabajo de graduación). Facultad de Ciencias Forestales, UNAM, Argentina. 21 pp.
- DI RIENZO, JULIO & Macchiavelli, Raul & Casanoves, Fernando. 2009. Modelos lineales mixtos en Infostat. Tutorial, Grupo InFoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <https://www.researchgate.net/publication/283506647> Modelos lineales mixtos en Infostat
- DI RIENZO J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- BANIK, R.L. (2015). Morphology and Growth. En Liese, W.; Köhl, M. (Eds.). Bamboo: the plant and its uses, pp. 43-90. Springer
- BENTON, A. (2015). Priority Species of Bamboo. En Liese, W.; Köhl, M. (Eds.). Bamboo: the plant and its uses, pp. 31-42. Springer.
- CAMARGO, J.C.; Morales-Pinzón, T. (2008). Mensura e Inventario Forestal para la Planificación y Manejo Sostenible de Bosques de Guadua. Universidad Tecnológica de Pereira – Colciencias. 125 pp.
- CAMARGO, J.C.; Rodriguez, J.A.; Niño, J.; Mosquera, O.M.; Ríos, A.M.; Cortes, Y.J.; Quintero, H.; Henao, E.; Monroy, M.; Arango, A.M., Suarez, J.D. (2011). Desarrollo tecnológico para optimizar la calidad de los productos obtenidos de bosques de guadua: definiendo la madurez de los culmos y mejorando los procesos de organización. Editorial Publiprint. Pereira, Risaralda. 137 pp.
- CHEN, S.; Wu, B.; Wu, M.; Zhang, D.; Cao, Y.; Yang, Q. (2004). A study of the interannual succession rule and influential factors of young stands structures of *Phyllostachys pubescens*. Journal of Zhejiang Forestry College, 21(4), 393-397.
- CLARK, L.G.; Londoño, X.; Ruiz-Sanchez, E. (2015). Bamboo Taxonomy and Habitat. En Liese, W.; Köhl, M. (Eds.). Bamboo: the plant and its uses. Springer. 355 pp.
- ECHEVERRIA, E. y García F. 2015. Fertilidad y fertilización de cultivos. Ediciones INTA, Capítulo 28: Yerba Mate, 415 – 428 pp. Segunda edición.

- GARCÍA, J.H. (2004). Definición de áreas óptimas de calidad de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. 110 pp.
- KAUR, P.J.; Pant, K.K.; Satya, S.; Naik, S.N. (2016). Bamboo: the material of future. *International Journal Series in Multidisciplinary Research*, 2(2), 27-34.
- KAUSHAL, R.; Subbulakshmi, V.; Tomar, J. M. S.; Alam, N. M.; Jayaparkash, J.; Mehta, H.; Chaturvedi, O. P. (2016). Predictive models for biomass and carbon stock estimation in male bamboo (*Dendrocalamus strictus* L.) in Doon Valley, India. *Ecologica Sinica*, 36(6), 469-476.
- KLEINHENZ, V.; Midmore, D.J. (2001). Aspects of bamboo agronomy. *Advances in Agronomy*, 74:99-153.
- MALANIT, P.; Barbu, M. C.; Frühwald, A. (2011). Physical and mechanical properties of oriented strand lumber made from an Asian bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer). *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(1), 27-36.
- NATH, A.J.; Lal, R.; Das, A.K. (2015). Managing woody bamboos for carbon farming and carbon trading. *Global Ecology and Conservation*, 3, 654-663.
- PBM (2018). Cuidados y plantación de la especie de Bambú *Dendrocalamus asper*. Ministerio de Ecología y Recursos Naturales Renovables de Misiones. 4 pp.
- PEÑA, C.M.; Paredes, A.; Caro, M.E.; Thomae, A.; Michelena, E.; Rúgolo de Agrasar, Z.; Soria, P.; Zagare, V. (2015). Solución Bambú: Guía para el manejo sustentable del Género *Phyllostachys*. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). 311 pp.
- PHIMMACHANH, S.; Ying, Z.; Beckline, M. (2015). Bamboo resources utilization: A potential source of income to support rural livelihoods. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 3(6), 176-183.
- SINGH, P.; Dubey, P.; Jha, K. K. (2006). Biomass production and carbon storage at harvest age in superior *Dendrocalamus strictus* Nees. plantation in dry deciduous forest region of India. *Indian Journal of Forestry*, 29(4): 353-360.
- SOIL SURVEY STAFF (2010) Keys to Soil Taxonomy. 11va Ed. USDA-Natural Resources Conservation Service. 338 pp. En https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050915.pdf revisado el 18/08/2021
- TRUJILLO, D.; López, L.F. (2016). Bamboo material characterisation. En Harries, K.A.; Sharma, B. *Nonconventional and vernacular construction materials*. Woodhead Publishing. pp. 365-392.

EFECTO DEL TIPO DE POLINIZACIÓN EN LA FORMACIÓN DE FRUTOS Y CAPACIDAD GERMINATIVA DE LAS SEMILLAS DE *Cyrtopodium hatschbachii* Pabst.

EFFECT OF POLLINATION TYPE ON FRUIT FORMATION AND GERMINATION CAPACITY OF SEEDS OF *Cyrtopodium hatschbachii* Pabst.

Fecha de recepción: 18/05/2021 // Fecha de aceptación: 20/12/2021

Evelyn Raquel Duarte

Ingeniera Forestal, Doctora en Recursos Forestales, Jefe de Trabajos Prácticos, Facultad de Ciencias Forestales (FCF)-Universidad Nacional de Misiones (UNaM). evelynduarte1982@gmail.com

Rosana Rubenich

Estudiante de ingeniería Forestal, FCF-UNaM rubenichrosana@gmail.com

Peggy Noemi Thalmayr

Ingeniero Forestal, Docente FCF-UNaM. Becaria doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). peggythalmayr@gmail.com

Lorena Marcela Ortiz

Estudiante del profesorado en Ciencias Biológicas, FCF-UNaM ortizlorena684@gmail.com

Sandra Patricia Rocha

Ingeniero Forestal, Master en Ciencias, Docente de la FCF-UNaM. procha910@gmail.com

Fernando Omar Niella

Ingeniero Forestal, Master en Ciencias, Docente de la FCF-UNaM. fernandoniella@gmail.com

Guillermo Küppers

Ingeniero Forestal, Docente de la Facultad de la FCF-UNaM. guillermokuppers@gmail.com

RESUMEN

Cyrtopodium hatschbachii Pabst, es una orquídea terrestre nativa de Brasil y Argentina en peligro de extinción, que no ofrece recompensa a sus polinizadores, por ende, la probabilidad de formación de fruto y su regeneración natural es escasa. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la germinación *in vitro*, y aclimatación de plantas en diferentes sustratos, a partir de semillas de frutos provenientes de distintas formas de polinización de *Cyrtopodium hatschbachii*. Se cosecharon frutos y las semillas fueron germinadas *in vitro*, bajo condiciones ambientales de luz y oscuridad. Posteriormente las plantas se aclimataron en tres tipos de sustratos diferentes. Los resultados demostraron que tanto la autopolinización como la polinización cruzada manual son efectivas en la producción de frutos y de semillas viables para la germinación *in vitro* y posterior aclimatación. Las semillas no requieren de oscuridad para inducir su germinación y tanto la corteza de pino como la de laurel y la perlita son sustratos que contribuyen al proceso de aclimatación exitosa de plántulas

SUMMARY

Cyrtopodium hatschbachii Pabst, is an endangered terrestrial orchid native to Brazil and Argentina, which offers no reward to its pollinators, thus the probability of fruit formation and natural regeneration is low. The objective of the present work was to evaluate the *in vitro* germination and acclimatization of plants in different substrates, from seeds of fruits generated by different forms of pollination of *Cyrtopodium hatschbachii*. Fruits were harvested and seeds were germinated *in vitro*, under light and dark environmental conditions. Subsequently, plants were acclimatized in three different types of substrates. The results showed that both self-pollination and hand cross-pollination are effective in producing fruit and viable seeds for *in vitro* germination and subsequent acclimatization. Seeds do not require darkness to induce germination and both pine and laurel bark and perlite are substrates that contribute to the process of successful acclimatization of seedlings from *in vitro* culture. The methodology developed in this study

provenientes del cultivo *in vitro*. La metodología desarrollada en este estudio demuestra la posibilidad de contar con un protocolo efectivo de multiplicación *in vitro* para la producción de plantas destinadas a programas de conservación y/o restauración de *C. hatschbachii*.

Palabras clave: Orchidaceae, propagación, sustrato, polinización manual, autopolinización.

demonstrates the possibility of having an effective *in vitro* multiplication protocol for the production of plants for conservation and/or restoration programs of *C. hatschbachii*.

Key words: Orchidaceae, propagation, substrate, manual fertilization, self-fertilization.

INTRODUCCIÓN

La familia Orchidaceae es uno de los grupos de plantas de las de angiospermas más diversas que existen, con unas 28.000 especies, sin embargo, están entre las más vulnerables, por la pérdida de hábitat y los mecanismos de extracción que sufren, con fines de comercialización por la valoración de sus flores (ÁVILA-DÍAZ y SALGADO-GARCIGLIA 2006; CHRISTENHUSZ y BYNG 2016).

Las orquídeas tienen una distribución cosmopolita en el planeta, pero no están presentes en regiones de extremas temperaturas como los polos, cumbres nevadas y desiertos. Cada especie crece bajo condiciones ambientales particulares, generando así una amplia cantidad de especies endémicas en regiones o micrositios con características especiales. En este sentido, las orquídeas han evolucionado desarrollando diferentes mecanismos de polinización, como generar néctar de recompensa en algunos casos, o ser artistas del engaño como en la mayoría de los casos, asemejándose a un alimento, o aparentar a hembras para atraer a insectos machos (TAMAY *et al.* 2016). Los polinizadores cumplen un rol importante en la producción de frutos y semillas (BARRIOS *et al.* 2010), a tal punto que estudios sobre polinizadores pueden indicar el grado de fragmentación del hábitat, y esta fragmentación influye tanto en la producción de polen como en la formación de frutos (PARRA-TABLA *et al.* 2000).

La polinización manual es una técnica empleada para producir híbridos de interés comercial, pero esta técnica también puede ser empleada como estrategia para obtener frutos y plantas utilizando técnicas de cultivo *in vitro* con fines de conservación *ex situ* en bancos de germoplasma, vivero o jardines botánicos, así como para repoblar áreas de crecimiento natural de las especies bajo conservación (ORTEGA-LARROCEA *et al.* 2007; SUÁREZ-GUERRA 2016; SUÁREZ-GUERRA y TÉLLEZ-BELTRÁN 2018).

La polinización manual puede alcanzar una eficiencia de producción de frutos del 100% en los casos de polinización cruzada, mientras que la autopolinización puede ser inferior al 30% (TORRETA *et al.* 2011).

Transcurrida la polinización de la flor de manera efectiva, se produce la formación de los frutos

y consecuentemente de las semillas. No obstante, la principal problemática en la propagación de las orquídeas, está en la germinación simbiótica de las semillas, ya que éstas requieren de la presencia de hongos micorrízicos. En ausencia de estos, una alternativa para germinar las mismas, es el cultivo *in vitro*, donde se puede alcanzar hasta un 90 % de germinación asimbiótica. En este sentido es que resulta importante, realizar estudios de esta índole a fin de proporcionar información que permita la conservación y uso sustentable de las orquídeas y sobre todo de aquellas en peligro de extinción (SEDANO *et al.* 2015). Son varias las especies en peligro de extinción alrededor del mundo, entre las que se encuentra *C. hatschbachii* Pabst, por lo tanto, es importante conocer las estrategias reproductivas de las distintas especies, para lograr un manejo sustentable y conservación de las mismas. En este sentido, estudios sobre la polinización y formación de frutos podrían contribuir con el manejo, cultivo y conservación de las orquídeas y, un mecanismo exitoso para aumentar la disponibilidad de plantas en condiciones de vulnerabilidad y riesgo es el cultivo *in vitro* (WALSH *et al.* 2014; SALAZAR-MERCADO y GÉLVEZ-MANRIQUE 2015; POTT *et al.* 2019; SANTOS y DE AZEVEDO 2021).

El objetivo del presente trabajo, fue estudiar el efecto de la autopolinización y polinización cruzada manual sobre la formación de frutos, producción de semillas, y germinación *in vitro*, con la posterior aclimatación de las plantas de *C. hatschbachii* en invernáculo con los sustratos corteza de pino, corteza de laurel blanco y perlita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

En el presente estudio se emplearon plantas de *Cyrtopodium hatschbachii* en estado adulto y en la etapa fenológica de floración. Las plantas durante el periodo de floración y fructificación, fueron mantenidas en un invernáculo con cobertura plástica, riego automático por microaspersores, humedad relativa entre el 70 y 90% y una temperatura media entre 23 y 30° C.

Experimentos de polinización manual

Con el fin de determinar el efecto de la autopolinización y la polinización entre genotipos diferentes en la formación de frutos y capacidad germinativa de las semillas de *Cyrtopodium hatschbachii* se realizaron tres tratamientos: a) autopolinización manual entre polen y estigma de la misma flor (las polinias se depositan en la superficie estigmática de la misma flor); b) autopolinización manual entre polen y estigma de flores distintas ubicadas en un misma inflorescencia (Figura 1A); c) polinización cruzada manual, la polinia de una flor se coloca en la superficie estigmática de la flor de otro individuo de genotipo distinto. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente en las flores de cada inflorescencia y las polinizaciones manuales fueron realizadas el segundo día después de la antesis. La formación del fruto se monitoreó diariamente hasta su cosecha, la que se realizó a los tres meses y previo a la dehiscencia (Figura 1B).



Figura 1. Polinización y fructificación de *Cyrtopodium hatschbachii*. A, Flores en el proceso de polinización; B, frutos previos a la cosecha. Escalas: A: 2,0 cm; B: 1,5 cm.

Figure 1. Pollinization and fruiting of *Cyrtopodium hatschbachii*. A, Flowers in the process of pollination; B, pre-harvest fruits. Scales: A: 2.0 cm; B: 1.5 cm.

Efecto del tipo de polinización en la germinación *in vitro*, condiciones de cultivo y crecimiento

Una vez obtenidos los frutos de color verde, estos fueron desinfectados a través de un lavado con agua y detergente neutro por 5 min, luego en cámara de flujo laminar se procedió a lavar con hipoclorito de sodio (lavandina) (35 g.L⁻¹ de cloro) al 100% durante 10 min, se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril en vaso de precipitado, posteriormente los frutos se sumergieron en etanol al 96% en un vaso de precipitado, se flamearon en un mechero y por último los frutos fueron enfriados en agua destilada estéril en un vaso de precipitado. A continuación en cámara de flujo laminar se procedió a la apertura de cada fruto con un bisturí para extraer sus semillas, las que se

cultivaron en cajas de Petri que contenían 15 ml del medio de cultivo sales minerales de MURASHIGE y SKOOG (1962), reducidas a la mitad de su concentración original (MS al 50%), enriquecido con: sacarosa 20 g.L⁻¹, carbón 2,0 g.L⁻¹ y agar 6,0 g.L⁻¹ como agente gelificante con un pH 5,8 y esterilizado por calor húmedo mediante autoclave a 1,46 kg.cm⁻² durante 20 min. Las semillas en las cajas de Petri fueron incubadas en cámara de cría con temperatura controlada de 27±2 °C, bajo condiciones de luz (116 μmol.m⁻².s⁻¹, PAR, fotoperíodo 16 horas) u oscuridad (en una caja que mantenía esta condición de manera plena). Al cabo de 60 días de cultivo se procedió a realizar la cuantificación de protocormos desarrollados.

Efecto del sustrato durante la aclimatación

Después la germinación las plantas permanecieron bajo condiciones *in vitro*, durante 12 meses y se realizaron tres sucesivos subcultivos hasta que alcanzaron un tamaño de 8 a 10 cm de altura. Posteriormente las plantas fueron extraídas del frasco y sometidas al proceso de aclimatación, para ello, primero se lavaron con abundante agua corriente de canilla para eliminar todo el medio de cultivo adherido a las raíces, luego fueron secadas con papel absorbente y se plantaron en recipientes plásticos de 11 cm de diámetro por 7 cm de altura que contenían los sustratos propuestos: corteza de pino, corteza de laurel blanco [*Nectandra angustifolia* (Schrad.) Nees & Mart.] y perlita. Los recipientes con las plantas se mantuvieron durante 60 días en invernáculo, con una temperatura ambiente promedio de 25 a 30 °C con riego manual con pulverizador cada vez que se consideró necesario, finalizado ese periodo se midió la sobrevivencia de las plantas en cada sustrato.

Diseño y análisis estadístico

El diseño utilizado en los diferentes ensayos fue completamente aleatorizado, por cada tipo de polinización se emplearon 4 flores seleccionadas al azar dentro de la inflorescencia y los frutos fueron cosechados tres meses después de la polinización manual. En el ensayo de germinación *in vitro* se emplearon 3 cajas de Petri por cada tratamiento (a, b, c) y para la cuantificación de la cantidad de protocormos desarrollados en cada tipo de polinización se procedió a realizar una zonificación de 12 cuadrículas de 4 cm² en cada una de las cajas de Petri. A continuación, se seleccionaron al azar 5 cuadrículas por caja conformando un total de 15 cuadrículas por tratamiento, sobre las cuales se contabilizaron los protocormos y se calculó la cantidad de protocormos por cm². Para determinar la sobrevivencia de las plantas en los diferentes sustratos se plantaron 5 plantas por bandeja plástica de 11 cm de diámetro y 7 cm de altura y por tratamiento se emplearon 5 bandejas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La efectividad de formación de frutos fue del 100% en los distintos tipos de polinización ensayadas en este estudio, asimismo no se observaron diferencias en el tamaño de los frutos, ya que presentaron una longitud de entre 3,0 y 3,5 cm y un ancho de 1,0 a 1,4 cm en los distintos tipos de polinización. Tampoco se observó una diferenciación en la forma, coloración o presencia de dehiscencia prematura en los frutos. La metodología empleada en este estudio para obtener fruto en *C. hatschbachii* ha sido altamente efectiva y recomendable para propagar la especie. Si bien la efectividad de esta técnica ya había sido comprobada por otros por otros autores en *Cyrtopodium holstii* L.C. Menezes, donde obtuvieron tasas de formación de frutos del 60% con autopolinización manual y 87% con polinización manual cruzada (SANTOS y AZEVEDO 2021). En este estudio en *C. hatschbachii*, la proporción de formación de frutos y semillas viables provenientes de las distintas polinizaciones evaluadas mostraron valores superiores.

Las especies del género *Cyrtopodium* se caracterizan por no ofrecer recompensa a sus polinizadores y los atraen por engaño, por lo tanto, en la naturaleza el éxito reproductivo es bajo, pero en el caso de *C. hatschbachii* para contrarrestar este episodio, posee la facultad de ser autocompatible y puede alcanzar la autopolinización por medio de las lluvias, pero aún así la producción de frutos no supera al 1,4% (MACIEL *et al.* 2019). En este sentido, es necesario contar con metodologías que permitan obtener frutos y semillas viables que garanticen la reproducción en invernaderos para una producción sustentable de plantas que puedan utilizarse tanto para la comercialización, como para programas de restauración y/o conservación *in situ* de la especie.

El fenómeno de autocompatibilidad fue observado en varias especies de orquídeas (QUIROGA *et al.* 2010; TORRETA *et al.* 2011) y ha permitido su conservación en el tiempo, debido a que la autocompatibilidad es un factor favorecido por la selección artificial en la domesticación, porque las plantas pueden producir frutos en ausencia de polinizadores (CASAS *et al.* 2015). Sin embargo, es una estrategia poco deseada en términos evolutivos, porque la variabilidad genética es baja a nula y un pequeño error en el azar evolutivo podría eliminar la población de la especie en su totalidad, en cambio con la polinización cruzada se asegura la variabilidad genética y por tanto se pueden generar individuos resistentes a determinadas plagas o enfermedades (PÉREZ-MARTÍNEZ y PACHECO-SALAMANCA 2005).

En cuanto a la germinación, no fue factible poder identificar las semillas que germinaron de las que no lo hicieron, por el grado de maduración y agrupamiento que presentaron estas en el momento del cultivo. Por lo que es necesario que los frutos

permanezcan mayor tiempo en la planta para alcanzar la madurez y poder individualizar las semillas, pero las semillas maduras presentan más dificultad para germinar bajo condiciones *in vitro* que las inmaduras (SURENCISKI *et al.* 2012). En este estudio la germinación de semillas inmaduras se ha logrado en *C. hatschbachii*, pero el proceso fisiológico fue registrado a través de la formación de protocormo. Contrariamente, en otras especies como *Cattleya labiata* Lindl. y *Epidendrum oxypetalum* Hágsater & E. Santiago, las semillas inmaduras no germinan en ninguno de los medios de cultivo ampliamente utilizados en la germinación de semillas de orquídeas (RODRÍGUEZ *et al.* 2003; PÉREZ-MARTÍNEZ y CASTAÑEDA-GARZÓN 2016).

La cantidad de protocormos desarrollados en los distintos tratamientos de polinización presentaron diferencias significativas ($p = 0,0055$), siendo las semillas provenientes de autopolinización de una misma flor y sometidas a condiciones lumínicas (Figura 2A), el tratamiento que presentó la mayor cantidad de protocormos (semillas que germinaron por cm^2). Altas tasas de germinación en semillas provenientes de frutos por autopolinización también fueron observadas en *Masdevallia ignea* Rchb. f. (PÉREZ-MARTÍNEZ y PACHECO-SALAMANCA 2005).

Por otro lado, las semillas de autopolinización incubadas en oscuridad mostraron valores inferiores, pero con diferencias significativas con el tratamiento en ambiente de luz, aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de autopolinización, ya sea de una flor o de flores de una inflorescencia (Tabla 1, Figura 2B). Contrariamente los tratamientos con menor desarrollo de protocormo se observaron en la polinización cruzada incubadas tanto en ambiente lumínico como en oscuridad (Tabla 1; Figura 2C, D), pero el tratamiento menos eficiente fue cuando los cultivos de semillas de polinización cruzada se incubaron en condiciones de oscuridad (Tabla 1; Figura 2D). No obstante, investigaciones sobre el efecto de la calidad de la luz sobre la germinación de semillas de orquídeas, la luz blanca fue la menos efectiva para inducir germinación y el ambiente oscuro el más óptimo para promover este proceso fisiológico en *Masdevallia auropurpurea* Rchb. f. & Warsz. (MANRIQUE 2007). Las semillas de orquídeas al igual que de otras especies de angiosperma pueden germinar bajo condiciones de un fotoperiodo o en oscuridad total, en algunos casos necesitan oscuridad total hasta que germine, otras especies con solo una leve inducción en oscuridad durante unos días es suficiente y otras especies requieren luz para que ocurra la germinación, pero dependen de la calidad de esta (DE LA CUADRA 1993; RODRÍGUEZ *et al.* 2007; VOGEL y MACEDO 2011; BALTIERRA y ALONSO 2012; CASTAÑOS *et al.* 2017).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este y otros estudios se ha demostrado que el tipo de polinización del cual provienen las semillas puede afectar la germinación de estas y por ende la obtención de plantas (PÉREZ-MARTÍNEZ y PACHECO-SALAMANCA 2005).

Tabla 1. Efecto de la polinización y el ambiente lumínico sobre la formación de protocormos en semillas de *Cyrtopodium hatschbachii*.
Table 1. Effect of pollination and light environment on protocorms formation in seeds of *Cyrtopodium hatschbachii*.

| Polinización | Ambiente lumínico | Protocormo/cm ² |
|--------------|-------------------|----------------------------|
| *A | Con Luz | 8,35±2,05 a |
| A | Sin Luz | 5,20±3,79 ab |
| B | Con Luz | 7,30±3,80 ab |
| B | Sin Luz | 6,90±3,14 ab |
| C | Con Luz | 4,45±1,94 ab |
| C | Sin Luz | 2,40±1,31 b |

Valores promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencia significativa. *A, autopolinización dentro de una misma flor; B, autopolinización entre flores de una misma inflorescencia; C, polinización cruzada entre plantas de genotipos distintos.

Cabe destacar que en los tratamientos que se incubaron bajo un ambiente con luz presentaron protocormos de mayor tamaño y de coloración verde (Figura 2A y C), mientras que los protocormos desarrollados en ambientes sin luz, fueron muy pequeños y de coloración blanca (Figura 2B y D), observándose como un ambiente más efectivo para la germinación la condiciones ambientales con luz, contradiciendo lo expuesto por la bibliografía que el ambiente oscuro favorece la germinación de semillas de orquídeas terrestres, debido a que simula las condiciones naturales de germinación de estas especies (RODRÍGUEZ *et al.* 2001), por lo que, no en todas las especies de orquídeas terrestres las condiciones de oscuridad favorecen a la germinación como lo es el caso de *C. hatschbachii*.

Después que los protocormos se convirtieron en plantas, estas fueron sometidas al proceso de aclimatación *ex vitro* y transcurrido 60 días, los mejores porcentajes de supervivencia fueron observados en las plantas provenientes de semillas de polinización cruzada y autopolinización entre flores distintas de una misma inflorescencia, en todos los sustratos (Tabla 2).

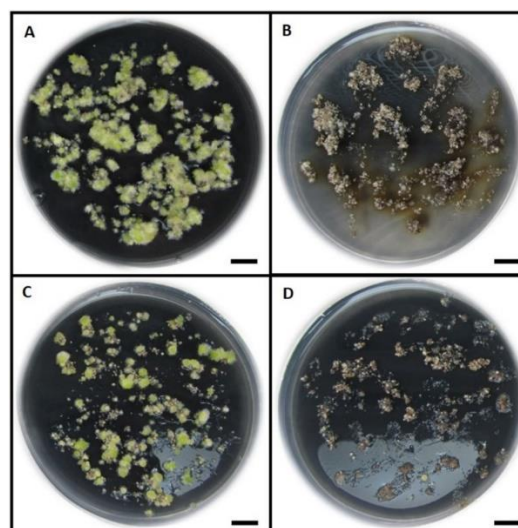


Figura 2. Germinación y formación de protocormos en semillas de *Cyrtopodium hatschbachii*. A, B, provenientes de polinización de una misma flor; C, D, polinización cruzada. A, C, en ambiente con luz; B, D, en ambiente sin luz (oscuridad). Escala: 1 cm.

Figure 2. Germination and formation of protocorms in seeds of *Cyrtopodium hatschbachii*. A, B, from pollination of the same flower; C, D, cross-pollination. A, C, in light environment; B, D, in dark environment. Scale: 1 cm.

En cambio, en las plantas de autopolinización de una misma flor el nivel de supervivencia fue inferior al 50% en los sustratos de cortezas, mientras que en el sustrato de perlita la supervivencia de estas plantas fue del 88% (Tabla 2), observándose diferencias significativas ($p = 0,011$) entre tratamientos de las plantas de autopolinización de una misma flor (A) y las otras polinizaciones (B y C) ensayadas, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con el sustrato perlita (Tabla 2). La diversidad genética es fundamental para la conservación de especies, por lo tanto, la polinización cruzada no solo contribuye con la variabilidad genética sino también con la supervivencia de las orquídeas a largo plazo (KAHILAINEN *et al.* 2014; CUARTAS-DOMINGUEZ *et al.* 2017).

Tabla 2. Supervivencia de plantas de *Cyrtopodium hatschbachii* después del periodo de aclimatación en los distintos sustratos en relación con los tipos de polinización.

Table 2. Survival of *Cyrtopodium hatschbachii* plants after the acclimatization period on the different substrates in relation to pollination types.

| Sustrato | Polinización | | |
|-------------------|--------------|------------|------------|
| | *A | B | C |
| Corteza de pino | 48±17,88 b | 96±8,94 a | 72±26,82 a |
| Corteza de laurel | 40±31,62 b | 76±16,73 a | 92±10,95 a |
| Perlita | 88±17,88 a | 76±21,91 a | 92±17,88 a |

Valores promedio ± desviación estándar. Letras distintas indican diferencia significativa. *A, autopolinización dentro de una misma flor; B, autopolinización entre flores de una misma inflorescencia; C, polinización cruzada entre plantas de genotipos distintos.

La corteza de pino es uno de los sustratos más empleados en los viveros para aclimatar plantas *in vitro* de orquídeas, pero no siempre ha resultado ser el sustrato más adecuado, como lo fue en el caso de *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.) W.E. Higgins y *Encyclia phoenicea* (Hook.) Schltr., donde la corteza de pino no ha sido apropiada para su aclimatación (DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ y HERNÁNDEZ DEL VALLE 2006). Como alternativa se recomienda

utilizar mezclas de sustratos, ya que se ha demostrado que una mezcla de corteza de pino con otros sustratos fue más eficiente en la aclimatación de plantas de cultivo *in vitro* en *Miltonia flavescens* Lindl. y *Laelia tenebrosa* (Rolfe) Rolfe (MULLER *et al.* 2007; ANTONIETTI *et al.* 2014). Otra opción que contribuye a la aclimatación de orquídeas de cultivo *in vitro* es la preaclimatación en laboratorio y posterior trasplante y aclimatación de las plantas en macetas con corteza de pino, metodología que proporcionó el 100% de supervivencia de *Bletilla striata* (Thunb.) Rchb. f., después de 30 días (BILLARD *et al.* 2013). Por otro lado, el empleo de fibra de *Brahea dulcis* (Kunth) Mart. (Arecaceae), ha demostrado ser efectivo en la aclimatación del 46,9% de plantas de *Laelia eyermaniana* Rchb. f. (FRANCISCO NAVA *et al.* 2011) y una mezcla de sustratos con corteza de encino, tezontle y carbón en una proporción de 1: 1: 1 permitieron una supervivencia del 85% en *Prosthechea citrina* (CAZAREZ-FAVELA *et al.* 2016). En este estudio tanto la corteza de pino como la de laurel y la perlita fueron favorables en la aclimatación de las plantas provenientes de las distintas polinizaciones (Figura 3).



Figura 3. Plantas provenientes de semillas originadas por polinización cruzada manual de *Cyrtopodium hatschbachii* en los distintos sustratos. A, corteza de pino; B, corteza de laurel; C, perlita. Escala: 2 cm

Figura 3. Plants from seed originated from manual crossing pollination of *Cyrtopodium hatschbachii* in different substrates. A, pinus bark; B, laurel bark; C, perlite. Scale: 2 cm.

CONCLUSIÓN

La polinización manual cruzada, como la autopolinización de una misma flor y flores distintas de una misma planta de *C. hatschbachii*, admitieron la formación de frutos con semillas viables.

Fue exitosa la germinación asimbiótica *in vitro* en el medio de cultivo MS a la mitad de su concentración original en presencia de luz y oscuridad, pero los mejores resultados de germinación se manifestaron bajo condiciones de luz.

En cuanto a la aclimatación las cortezas de pino y laurel fueron menos eficientes para las plantas provenientes de autopolinización de una misma flor, mientras que la perlita permitió altos porcentajes de sobrevivencias en las plantas provenientes de los diferentes tipos de polinización.

El protocolo desarrollado en este estudio es una estrategia más que puede contribuir con la conservación de *Cyrtopodium hatschbachii*, como de muchas otras especies de orquídeas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Misiones por financiar este estudio a través del proyecto, “Estudios de polinización y germinación de semillas de orquídeas nativas de la Selva Misionera en peligro de extinción” 16/F1177-TI.

BIBLIOGRAFÍA

ANTONIETTI, D., Buttini, S., da Costa Zonetti, P., Guimarães, A. T. B., & Stefanello, S. 2014. Plant growth of *Laelia tenebrosa* Rolfe treated with gibberellic acid and grown on different substrates. *Idesia*, 32(3), 7-11.

ÁVILA-DÍAZ, I., & Salgado-Garciglia, R. 2006. Propagación y mantenimiento *in vitro* de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. *Biológicas. Facultad de Biología, UMSNH*, 8, 138-149.

BALTIERRA, X. C., & Alonso, C. 2012. Mejoramiento genético de orquídeas chilenas. Protocolo de micropropagación de *Gavilea glandulifera* (Poepp.) MN Correa. *Revista del Jardín Botánico de Chagual*. 10, 40-47

BARRIOS, Y., Ramirez, N., Ramírez, E., Sánchez, E., & Del Castillo, R. 2010. Importancia de los polinizadores en la reproducción de seis especies de subpáramo del pico Naiquatá (parque nacional el Ávila-Venezuela). *Acta Botánica Venezuelica*, 33(2), 213-231.

BILLARD, C. E., Dalzotto, C. A., & Lallana, V. H. 2013. Germinación de *Bletilla striata* (Thunb.) Rchb. f. en medio líquido y evolución de plantas en medio semisólido. *Investigación Agraria*, 15(1), 7-14.

CASAS, A., Camou, A., Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S., Cruse-Sanders, J., Solís, L., Torres, I. Delgado, A. Moreno-Calles, A. I. Mariana Vallejo, Guillén, S. Blancas, J. Parra, F. Farfán-Heredia, B. Aguirre-Dugua, X. & Arellanes, Y. 2015. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 6(2), 23-44.

CASTAÑOS, O. F., Zometa, J. F. C., de Godoy, M. E. M., Pastrana, M. R. G., Arnao, M. T. G., Valencia, M. G., & Rivera, N. A. 2017. Germinación *in vitro* de semillas de *Vanilla planifolia* Jacks y comparación de métodos de micropropagación. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(2), 69-85.

CAZAREZ-FAVELA, T. L., de Jesús Graciano-Luna, J., Solís-González, S., Díaz-Ramírez, B., Nájera-Luna, J. A., & Montoya-Ayón, J. B. 2016. Propagación *in vitro* de la orquídea *Prosthechea citrina* (La Llave & Lex.) WE Higgins nativa del estado de Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (67), 19-25.

CHRISTENHUSZ, M. J., & Byng, J. W. 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217.

CUARTAS-DOMINGUEZ, M., Rojas-Céspedes, A., Jara-Arancio, P., & Arroyo, M. T. 2017. Sistema reproductivo de *Trichopetalum plumosum* (Ruiz & Pav.) JF Macbr. (Asparagaceae), geófito endémico de Chile. *Gayana. Botánica*, 74(1), 73-81.

DE LA CUADRA, C. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. *Madrid: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. España*.

DOMÍNGUEZ-RODRÍGUEZ, Y., & Hernández Del Valle, G. 2006. Aclimatación de plantas *in vitro* de *Encyclia phoenicia* (Ldl.) Neum. (Orchidaceae) en diferentes sustratos. *Biología Vegetal*, 6(4), 225-240.

- FRANCISCO-NAVA, J. J., Jiménez-Aparicio, A. R., Jesús-Sánchez, D., Arenas-Ocampo, M. L., Ventura-Zapata, E., & Evangelista-Lozano, S. 2011. Estudio de la morfología y aclimatación de plantas de *Laelia eyermaniana* Rchb. f. generadas *in vitro*. *Polibotánica*, (32), 107-117.
- KAHILAINEN, A., Puurtinen, M., & Kotiaho, J. S. 2014. Conservation implications of species–genetic diversity correlations. *Global Ecology and Conservation*, 2, 315-323.
- MACIEL, A. A., Cardoso, J. C., & Oliveira, P. E. 2019. On the low reproductive success of two *Cyrtopodium* species (Orchidaceae: Cyrtopodiinae): The relative roles of biotic and abiotic pollination. *Plant Species Biology*, 35(1), 49-58.
- MANRIQUE, J. P. 2007. Efecto del medio básico, carbón activado, ácido giberélico y calidad de luz en la germinación *in vitro* de *Masdevallia auropurpurea* Reich. *Revista científica*, (9), 117-141.
- MULLER, T.S.; Dewes, D.; Karsten, J.; Schuelter, A.R.; Stefanello, S. 2007. Crescimento *in vitro* e aclimação de plântulas de *Miltonia flavescens*. *Revista Brasileira de Biociências*, 5:252-254.
- MURASHIGE, T. & Skoog, F. 1962 A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Copenhagen. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497.
- ORTEGA-LARROCEA, M. P., Martínez, A., & Chávez, V. M. 2007. Conservación y propagación de orquídeas. *Conservación y Propagación de Orquídeas*, 483-495. http://www.repsa.unam.mx/documentos/Ortega-Larrocea_et_al_2009_conservacion_y_propagacion.pdf
- PARRA-TABLA, V., Vargas, M., Feinsinger, P., Arrazola, M., Esteban, J., & Leirana Alcocer, J. 2000. Efecto de la fragmentación de hábitats en la ecología de poblaciones de dos especies de orquídeas del estado de Yucatán. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/3179/22993_1189_PRIMERCONGRESODE.pdf?sequence=1
- PÉREZ-MARTÍNEZ, B. A., & Castañeda-Garzón, S. L. 2016. Propagación *in vitro* de orquídeas nativas como una contribución para la conservación *ex situ*. *Bioteología Vegetal*, 16(3), 143-151.
- PÉREZ-MARTÍNEZ, B. A., & Pacheco-Salamanca, R. A. 2005. Germinación *in vitro* de la orquídea *Masdevallia ignea* Rchb. fa partir del cultivo de semillas provenientes de diferentes tipos de polinización. *Pérez-Arbelaesia*, (16), 45-55.
- POTT, A., Pott, V. J., Catian, G., & Scremin-Dias, E. 2019. Floristic elements as basis for conservation of wetlands and public policies in Brazil: the case of veredas of the Prata River. *Oecologia Australis*, 23(4), 744-763.
- QUIROGA, D., Martínez, M., & Larrea Alcázar, D. M. 2010. Sistemas de polinización de cinco especies de orquídeas creciendo bajo condiciones de invernadero. *Ecología en Bolivia*, 45(2), 131-137.
- RODRÍGUEZ, L.; Valles, JR; González, R; Alvarado, K; Telles, E; Diaz, A; Sánchez, E. 2001. Germinación asimbiótica “*in vitro*” de semillas de cuatro especies de orquídeas cubanas. *Bioteología Vegetal*, 1(2), 115-116.
- RODRÍGUEZ, L., González, R., Alvarado, K., & Telles, E. 2007. Germinación asimbiótica *in vitro* de semillas de orquídeas silvestres. *Bioteología vegetal*, 7(3).
- RODRÍGUEZ, L., González, R., Díaz, A., Fajardo, E., Sánchez, E., Hernández, J., Castañeira, M. de la Cruz, G & González, J. 2003. Influencia de diferentes factores en la germinación asimbiótica *in vitro* de semillas de *Cattleya labiata*. *Bioteología Vegetal*, 3(2), 119-121.
- SALAZAR-MERCADO, S. A., & Gélvez-Manrique, J. D. 2015. Determinación de la viabilidad de semillas de orquídeas utilizando la prueba de Tetrazolio e Índigo Carmín. *Revista de Ciencias*, 19(2), 59-69.
- SANTOS, T. S., & de Azevedo, C. O. 2021. Luz, cámara, ação: documentário sobre a biologia reprodutiva de *Cyrtopodium holstii* (Orchidaceae). *Botânica Pública*, 2, 44-48.
- SEDANO, C. G., Manzo, G. A., Roldán, H. R., & Castellanos, J. A. 2015. Propagación *in vitro* de orquídeas y otras ornamentales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 451-456.
- SUÁREZ-GUERRA, L. 2016. Informe de nuevo cultivar. *Dendrobium* ‘Tropical Classic’. nuevo híbrido de orquídea para Cuba. *Cultivos Tropicales*, 36(5 Esp), 132.
- SUÁREZ-GUERRA, L., & Téllez-Beltrán, G. 2018. *Dendrobium* ‘Ovas Stripe’. Nuevo híbrido de orquídea para Cuba. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 119-119.

SURENCISKI, M. R., Flachslund, E. A., Terada, G., Mroginski, L. A., & Rey, H. Y. 2012. Cryopreservation of *Cyrtopodium hatschbachii* Pabst (Orchidaceae) immature seeds by encapsulation-dehydration. *Biocell*, 36(1), 31-36.

TAMAY, L. D. C., Cruz, J. Y. S. R., & García, E. A. P. 2016. Diversidad y uso de las orquídeas. *Bioagrociencias*, 9(1); 1-7.

TORRETTA, J. P., Gomiz, N. E., Aliscioni, S. S., & Bello, M. E. 2011. Biología reproductiva de *Gomesa bifolia* (Orchidaceae, Cymbidieae, Oncidiinae). *Darwiniana, nueva serie*, 49(1), 16-24.

VOGEL, I. N., & Macedo, A. F. 2011. Influence of IAA, TDZ, and light quality on asymbiotic germination, protocorm formation, and plantlet development of *Cyrtopodium glutiniferum* Raddi., a medicinal orchid. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 104(2), 147-155.

WALSH, R. P., Arnold, P. M., & Michaels, H. J. 2014. Effects of pollination limitation and seed predation on female reproductive success of a deceptive orchid. *AoB plants*, 6.

APORTES PRELIMINARES AL CONOCIMIENTO DEL CONTENIDO POLÍNICO DE MIELES: CAMINO A LA TRAZABILIDAD DE LAS MIELES DE MISIONES, ARGENTINA.

PRELIMINARY CONTRIBUTIONS TO THE KNOWLEDGE OF POLLEN CONTENT OF HONEYS: ROAD TO TRACEABILITY OF HONEY FROM MISIONES, ARGENTINA.

Fecha de recepción: 02/06/2021 // Fecha de aceptación: 20/12/2021

Yanet Aquino

beelabmisiones@gmail.com

Dora Miranda

dora.miranda@fcf.unam.edu.ar

Rocío Molina

Naldo Pellizzer

Facultad de Ciencias Forestales-
UNaM. Bertoní 124. C.P:3384,
Eldorado, Misiones, Argentina

RESUMEN

El presente trabajo es una contribución al proyecto de tipificación de mieles de Misiones. En esta ocasión se analizaron 10 muestras de miel de *Apis mellifera* L. colectadas en 5 departamentos de la zona central de la provincia y 1 en zona sur. Se identificó un total de 85 tipos polínicos, pertenecientes a 25 familias botánicas. Las familias con mayor frecuencia de ocurrencia fueron Aquifoliaceae, Sapindaceae y Myrtaceae, en orden de importancia. La alta frecuencia del género *Ilex*, podría ser un indicador de origen geográfico para las mieles de Misiones, dado que el género presenta varias especies citadas para la provincia y además la especie *Ilex paraguariensis* es cultivada en gran parte de la provincia y norte de Corrientes. En el caso de la familia Anacardiaceae, con varios géneros citados a menudo como recursos utilizados por estas abejas, pero la presencia de la especie de *Myracrodruon balansae* "urunday" únicamente en la muestra de miel de zona sur, se considera potencial indicador para zonificar la provincia y afinar la trazabilidad de origen geográfico. Los esfuerzos de identificación determinaron un total de 16 tipos de granos de polen identificados

SUMMARY

The present work is a contribution to the Misiones honey classification project. On this occasion, 10 samples of *Apis mellifera* L. honey collected in 5 departments of the central area of the province and 1 in the southern area were analyzed. A total of 85 pollen types, belonging to 25 botanical families, were identified. The families with the highest frequency of occurrence were Aquifoliaceae, Sapindaceae and Myrtaceae, in order of importance. The high frequency of the *Ilex* genus could be an indicator of geographical origin for honeys from Misiones, given that the genus has several species cited for the province and also the *Ilex paraguariensis* species is cultivated to a large extent in the province and in north of Corrientes. In the case of the Anacardiaceae family, with several genera often cited as resources used by these bees, they are considered a potential indicator to zone the province and refine the traceability of geographical origin, with exception of the presence of the *Myracrodruon balansae* "urunday" species only found in the honey sample in the southern zone. Identification efforts determined a total of 16 types of pollen grains identified at the

a nivel específico, 17 como géneros, 22 como familias, 12 clasificados como Tipos y 18 como indeterminados.

Palabras clave: Melisopalínología, *Apis mellifera*, tipificación.

specific level, 17 as genera, 22 as families, 12 classified as Types, and 18 as indeterminate.

Key words: Melissopalynology, *Apis mellifera*, typification.

INTRODUCCIÓN

En Argentina entre los años 1970 y 1980 surge el interés por exportar mieles tipificadas según su origen botánico. Desde entonces comenzaron a desarrollarse diversos trabajos que contribuyeron a conocer el origen botánico y geográfico de las mieles de la región pampeana, del monte, del espinal, chaqueña y patagónica (TELLERÍA 2010), en la región del Noreste las publicaciones se concentran en la zona del Chaco y Corrientes, (MAIDANA 1976, SALGADO y PIRE 1998, 1999, CABRERA 2006, SALGADO 2006, CABRERA *et al.* 2011, SALGADO *et al.* 2014, CABRERA *et al.* 2019).

En Misiones, los primeros antecedentes hallados en los que se hace referencia a la “Denominación de Origen” datan del año 2004 con la elaboración de un anteproyecto de un Programa de Investigación “Estudio apibotánico de la provincia de Misiones”, llevado adelante por el Ministerio del Agro y la Producción y una comisión multidisciplinaria conformada por profesionales de otros ministerios (MERNRYT) y universidades (UNaM y UNER). Contemporáneamente surge en la provincia el Programa Apícola Provincial “Propóleos y Miele Misioneras” (PROMIEL), quienes en sus objetivos específicos mencionan promover la obtención de mieles diferenciadas por origen botánico y/o geográfico. Se conforma en 2014 el primer Cluster Apícola de Misiones, presentando un “Plan de Mejora Competitiva” para los productores. Mientras que la UCAR, en 2017 financió una iniciativa llamada “Diferenciación del Producto” para la caracterización de las mieles de Misiones por región.

Numerosos son los actores que utilizan el término “Denominación de Origen” y reconocen sus beneficios. Estos van desde el interés de los consumidores, quienes buscan alimentos orgánicos de alto valor nutritivo, y podrían identificar en el mercado productos de calidad superior (ARANCIBIA OBRADOR 2016); hasta los productores que podrían obtener mayores réditos con un producto diferenciado; incluso los investigadores que han identificado propiedades medicinales en la miel, que provienen de las especies vegetales que la conforman (BAZONI 2012). Por esta razón desde el año 2013, un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Forestales hemos comenzado a recolectar mieles de la provincia, capacitar a recurso humano y publicar los pequeños avances, con el objetivo de lograr en el largo plazo la tipificación de mieles de Misiones.

La caracterización de mieles es un proceso integral que involucra tres tipos de análisis: Físico-Químicos, Polínicos y Sensoriales (MAGyP 2019). La composición y diversidad del polen (en términos de origen vegetal) influye directamente en la calidad y la sanidad de otros productos de las abejas, como la miel, la jalea real y el propóleo (GALIMBERTI *et al.*, 2014). Además, el origen floral de una miel tiene marcada influencia en aspectos como color, aroma, sabor, composición química, consistencia y cristalización (BALDI CORONEL 2010).

La determinación de los diferentes tipos polínicos se realiza por comparación morfológica con el grano de polen obtenido de las plantas visitadas por las abejas, para ello se deben conformar palinotecas de referencia y consultar atlas disponibles (COSTA 1998). Aunque este enfoque está ampliamente adoptado, consume mucho tiempo, requiere amplios conocimientos botánicos e implica un laborioso procedimiento de conteo (GALIMBERTI *et al.*, 2014). Así mismo, la alta diversidad vegetal de la provincia, que en su mayoría no es compartida con otras regiones del país, incrementa la complejidad del análisis y la necesidad de conformar amplias palinotecas in situ. Los escasos estudios melisopalínológicos desarrollados en profundidad en mieles de la provincia de Misiones refuerzan lo anteriormente mencionado (PAREDES *et al.* 2007; AQUINO *et al.* 2015; FLORES 2017; MIRANDA *et al.* 2018; BERDÚN 2019; FLORES *et al.* 2021).

Este trabajo presenta el análisis melisopalínológico cualitativo de 10 muestras de mieles de *Apis mellifera* L., provenientes de 6 departamentos de la provincia de Misiones, con el objetivo de generar un pequeño aporte al vasto conocimiento necesario para la tipificación de mieles de la provincia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende principalmente la zona centro de la provincia de Misiones, la cual forma parte de la ecorregión conocida como Selva Paranaense, donde el clima es cálido y húmedo, las precipitaciones varían entre 1000 - 2000 mm anuales, con presencia de varios estratos arbóreos y sotobosques densos y heterogéneos, y una muestra representante de la zona sur, ecorregión de Campos y Malezales, con precipitaciones entre los 1500 - 1700 mm anuales, la vegetación varía entre: bosques en galería, no siempre presente; bañados en la zona más

baja; fofadales y luego campos bajos (MORELLO *et al.* 2018), (Figura 1).

Muestreo e identificación del polen

Se analizaron 10 muestras de miel de *Apis mellifera* L. maduras, extraídas por centrifugación, cedidas por productores interesados en la temática, durante los años 2013, 2014 y 2017, en 6 departamentos de la provincia: Apóstoles, Cainguás (Aristóbulo del Valle), Eldorado (9 de Julio y Eldorado), Gobernador General San Martín (Capioví y Garuhapé), Guaraní (El Soberbio y San Vicente) y Montecarlo. Las muestras fueron procesadas mediante la técnica de LOUVEAUX *et al.* (1978), con los residuos polínicos obtenidos se realizaron preparaciones permanentes para su análisis cualitativo al microscopio óptico (Leica CME).

La identificación de los tipos de polen se llevó a cabo por comparación con preparaciones de referencia que forman parte de la Palinoteca de Misiones (PAL-MIS) y/o utilizando el Atlas palinológico del Nordeste Argentino, Partes 1, 2, 3 y 4 (ERDTMAN 1996, MARKAGRAF y D' ANTONI 1978, PIRE *et al.* 1998, 2001, 2006, 2013) y catálogos polínicos digitales como Palynological Database (www.paldat.org), Rede de Catálogos Polínicos online (www.rcpol.org.br), Banco de imagens de grãos de pólen, fitólitos e espículas de esponjas (www.fecilcam.br), Palinología del NOA (www.lillo.org.ar), además de trabajos de tesis y publicaciones varias. Para la clasificación en Frecuencia de Ocurrencia (Gráfico 3) se utilizó la sugerida por FELLER DEMALSY *et al.* (1987): Muy Frecuente (MF: >50% de muestras), Frecuente (F: 20-50%), Poco Frecuente (PF: 10-20%) y Raro (R:<10%).

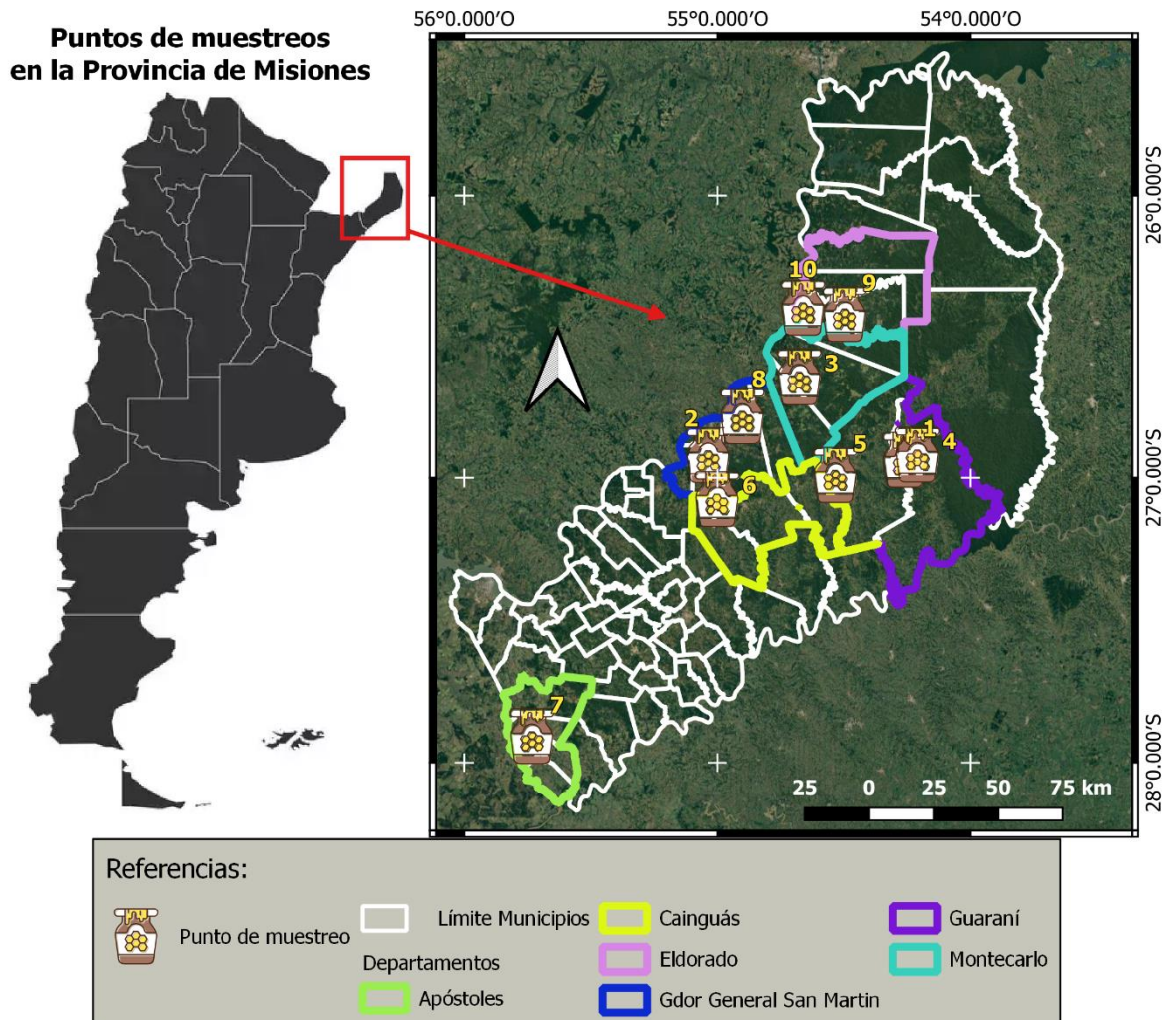


Figura 1. Plano de ubicación geográfica de los puntos de muestreo.
Figure 1. Map of geographical location of the sampling points.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de las muestras de miel obtenidas se identificaron 85 tipos polínicos diferentes, pertenecientes a 25 familias de Angiospermas. Fue posible determinar a nivel de especie 16 taxa lo que representa un 18,8%, a nivel de género 17 taxa (20%), a nivel de familia 22 taxa (25,9%), 12 taxa se describieron como tipo-polínico (14,1%) y 18 taxa no pudieron ser identificados y quedaron en la categoría de indeterminados (21,2%) (Gráfico 1). Es importante mencionar que los taxa que no pudieron ser identificados, podrían ampliar la lista de familias presentes. El alto porcentaje de estos refleja la necesidad de reforzar las palinotecas de referencia, lo que facilitaría el reconocimiento del espectro polínico, que en el caso de Misiones es extenso debido a la gran biodiversidad del ambiente.

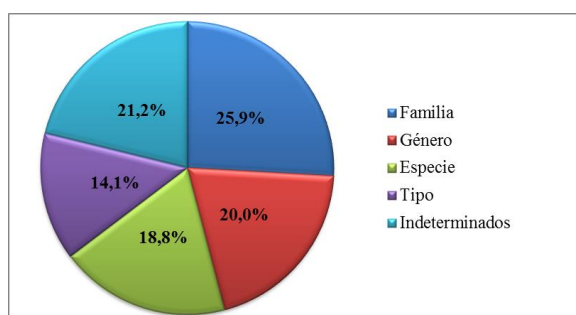


Gráfico 1. Porcentajes alcanzados para cada nivel de identificación.

Graph 1. Percentages achieved for each level of identification.

Con respecto a la frecuencia de aparición, los taxa que se destacan entre las muestras de mieles analizadas son: género *Ilex* (Aquifoliaceae) y *Matayba elaeagnoides* (Sapindaceae) que están presentes en el 70% de las muestras, seguido por el género *Eugenia*

(Myrtaceae) 60%, *Parapiptadenia rigida* (Fabaceae) y *Sambucus australis* (Viburnaceae) presentes en el 50% (ver Anexo 1), *Leonurus japonicus* (Lamiaceae), *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae), *Sorocea bonplandii* (Moraceae), *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae), *Cecropia pachystachya* (Urticaceae) y otros representantes de las familias Asteraceae, Myrtaceae, Fabaceae y Apiaceae con un 40% de frecuencia.

Algunos de los taxones encontrados son coincidentes con los espectros de mieles de *Apis* analizadas con anterioridad en la provincia (MIRANDA *et al.* 2018; BERDÚN 2019; FLORES *et al.* 2021). También fueron identificados un conjunto de tipos polínicos de plantas con polinización anemófila o sin néctar, *Cecropia pachystachya*, *Piper*, y pólenes de la familia Poaceae, siendo *Cecropia* una de las especies de mediana frecuencia; cuyas presencias también fueron citadas con anterioridad en los estudios realizados en Misiones (FLORES *et al.* 2021).

Respecto al número de representantes por familia en las muestras analizadas, las familias más representadas son: Asteraceae (12 taxa), Fabaceae (8 taxa) y Myrtaceae (6 taxa), Arecaceae y Rutaceae con (4 taxa cada una). (Gráfico 2)

El gráfico 3 muestra las frecuencias de ocurrencia de los 85 tipos polínicos encontrados, los taxa que fueron nombrados de igual manera y tienen la misma frecuencia de ocurrencia, fueron agrupados, (con fines de mejorar la visualización de la tabla) en la misma barra con números consecutivos que indican que se trata de diferentes tipos polínicos; por ejemplo: Myrtaceae 1;2;3* son tres tipos polínicos que tienen características comunes a las Myrtaceae, pero que difieren entre ellos. En los anexos se exhiben microfotografías con escala gráfica de los tipos polínicos de mayor frecuencia y los no identificados.

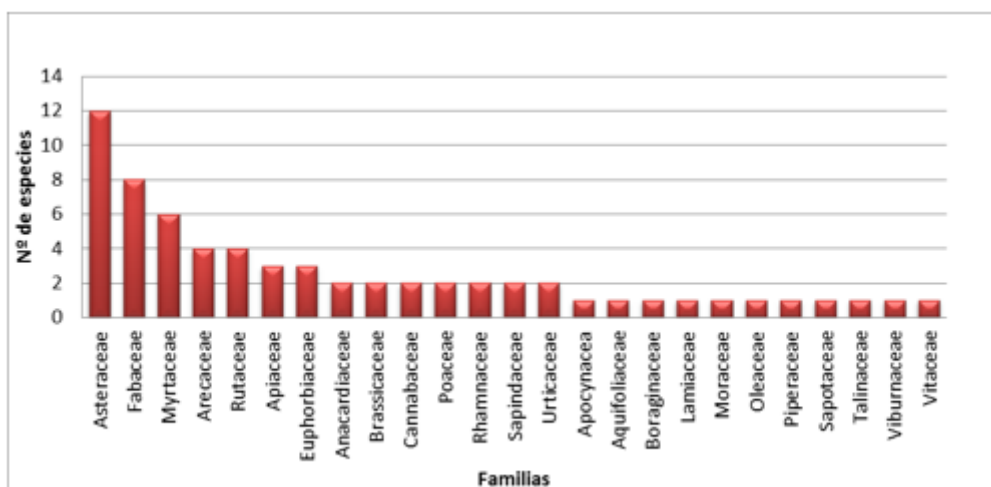


Gráfico 2. Representatividad de las familias presentes en las muestras.

Graph 2. Representativeness of the families present in the samples.

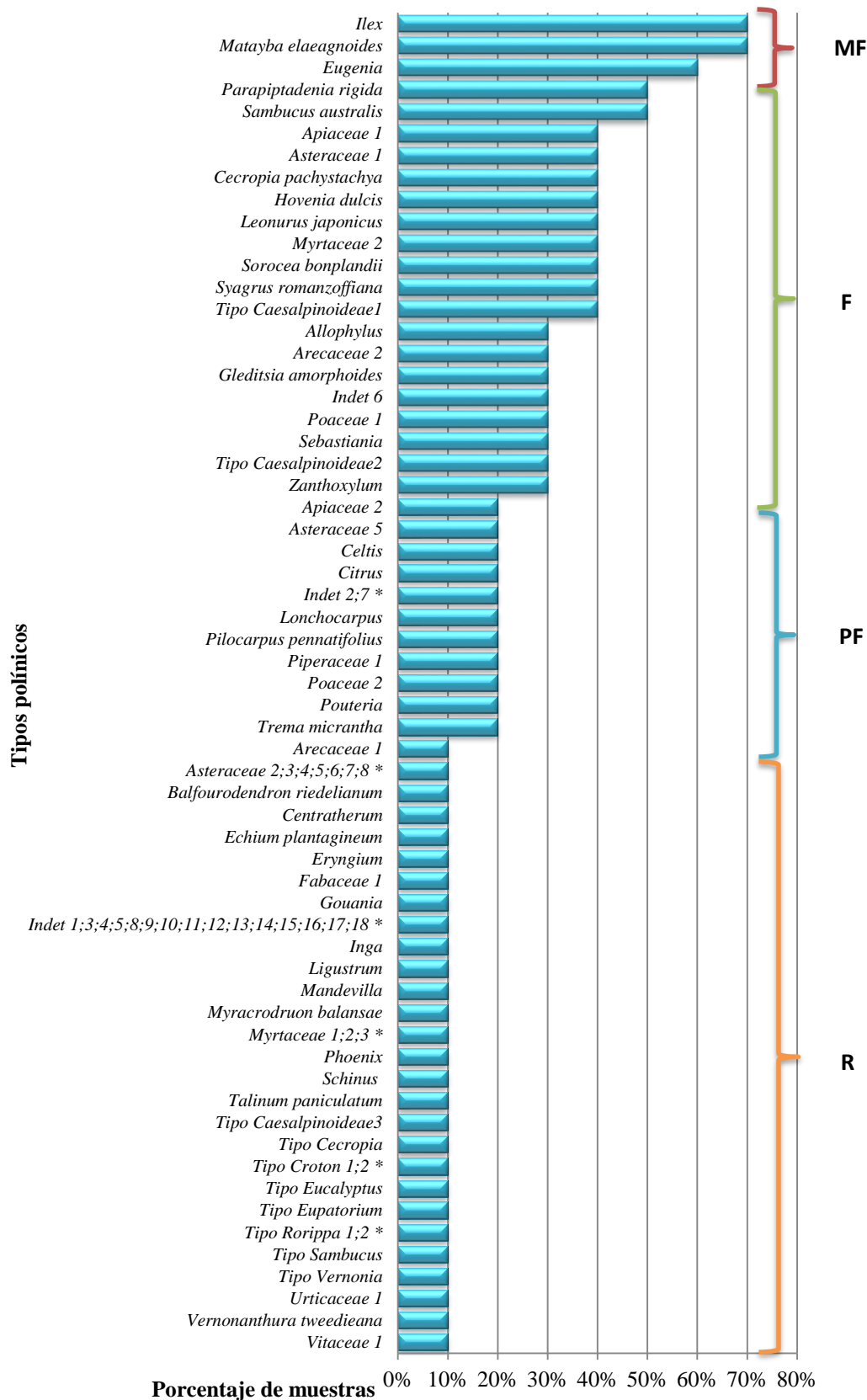


Gráfico 3. Frecuencia de aparición de especies en las muestras de mieles analizadas. MF: muy frecuente; F: frecuente; PF: poco frecuente; R: raro.
 Graph 3. Frequency of occurrence of species in honey samples analyzed. MF: very frequent; F: frequent; PF: infrequent; R: rare.

CONCLUSIONES

Luego de una amplia recopilación bibliográfica sobre tipificación de mieles de Misiones, concluimos en que aún no existen avances significativos en la provincia, a pesar de los intentos de diversos grupos interesados que persiguen este objetivo. Es por ello que los resultados de este trabajo, se consideran entre los primeros aportes al conocimiento en la temática. Los resultados serán reforzados en trabajos ulteriores sumando nuevos análisis, para incrementar la información crítica y así promover el desarrollo sostenible de la apicultura en la provincia.

De nuestras propias experiencias, podemos inferir que la razón de la escasa producción de información en un tema de gran interés se debe, a la falta de recurso humano capacitado para el análisis melisopalinológico; la alta complejidad para discernir a nivel de especie entre granos de polen; y la falta de interacción palinólogo-productor. Podemos concluir que el camino a la trazabilidad de mieles de Misiones, debe ser forjado por un grupo interdisciplinario de investigadores extensionistas. Es de suma importancia el aporte de información del productor, para obtener resultados precisos y capacitaciones sostenidas en el tiempo, para lograr el objetivo de tipificar nuestras mieles.

Respecto a los resultados del análisis melisopalinológico, concluimos que la alta frecuencia por sí sola, no necesariamente indica que sean los recursos más importantes para la producción de miel. De hecho, *Cecropia pachystachya*, encontrada como especie frecuente entre las muestras analizadas, coincidiendo con los análisis de FLORES (2017) y junto a *Sorocea bonplandii* y algunas Poaceae, son reconocidas por la ausencia de néctar floral, por lo que su presencia en las mieles se considera contaminación. No obstante, éstos resultados hablan de la frecuencia y dispersión de estas especies vegetales y podrían ser buenos indicadores de origen geográfico, para identificar las mieles Misioneras.

Luego del análisis cualitativo de las muestras de miel, podemos realizar inferencias respecto del: **Origen botánico**. El espectro polínico muestra que las abejas tienen actividad de pecoreo sobre una importante amplitud de especies botánicas, sin embargo, se registra mayor diversidad de especies en las familias: Asteraceae 14,1%, Fabaceae 9,4% y Myrtaceae 7%.

Origen geográfico. Las presencias de especies características de la flora Paranaense pueden ser de gran utilidad para definir el origen geográfico de las mieles, tales como *Ilex* y *Matayba elaeagnoides*, *Parapiptadenia rigida*, *Syagrus romanzoffiana* y *Sorocea bonplandii*, con alta frecuencia de aparición. Además, se encuentran especies referentes como lo es *Myracrodruon balansae*, que por su acotada dispersión sólo estuvo

presente en la muestra de Apóstoles y podría ser un buen indicador para orientar los análisis de origen geográfico de las mieles Misioneras.

AGRADECIMIENTOS

El equipo de Bee-Lab Misiones agradece a cada apicultor que amablemente ha cedido muestras para realizar estos estudios y a los evaluadores por sus valiosas sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

AQUINO, D.Y.; Pellizzer, N.A.; Miranda, D.E.; Salgado, C.R. 2015. Contenido polínico de mieles de *Apis mellifera* L. producidas en Misiones, Argentina. Revista Forestal Yvyrareta 22, pp. 7-11.

ARANCIBIA OBRADOR, M.J. 2016. La importancia de las denominaciones de origen e indicaciones geográficas para la identidad país. Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad, vol. 3, núm. 8, pp. 267-283.

BALDI CORONEL, B. 2010. La miel. Una mirada científica. Universidad Nacional de Entre Ríos. Paraná. 221pp.

BAZONI, M. 2012. Atividade antimicrobiana dos meis produzidos por *Apis mellifera* e abelhas sem ferrão nativas do Brasil. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. 130pp.

BERDÚN, A. 2019. Caracterización polínica de mieles de *Apis mellifera* L. de un apiario de Puerto Iguazú, Misiones, Argentina. Trabajo de integradora final, para la obtención del título de Ingeniero Forestal. Trabajo inédito. 62pp.

CABRERA, M. 2006. Caracterización polínica de las mieles de la provincia de Formosa Rev. Mus. Argentino Ciencia Naturales n. s 8(2):135-142. Buenos Aires.

CABRERA, M.; Galléz, L.; Andrada, A. 2011. Aporte de especies leñosas nativas y color de las mieles del este de la provincia de Formosa, (Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 46 (Suplemento):250. XXXIII. Jornadas Argentinas de Botánica.

CABRERA, M.; Dávalos, V.; Almirón, S.; Benítez, V. 2019. Flora melífera y mieles de la zona de la provincia de Formosa. Universidad Nacional de Formosa. 130pp.

COSTA, M.C. 1998. Análisis polínico de la miel. Origen, alcance y estado actual de las investigaciones melitopalinológicas en Argentina.

Revista Argentina de producción animal Vol.18 supl.1.

ERDTMAN, G. 1966. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperm. Hafner Publishing Company. New York and London. 553pp.

FELLER DEMALSY, M.; Parent, J.; Strachan, A. 1987. Microscopic analysis of honey from Alberta, Canadá. J. Apic. Res. 26: 123-132.

FLORES, F. 2017. Origen floral de los recursos tróficos de las colmenas de Meliponas (Apidae, Meliponini) utilizadas en comunidades rurales de los Bosques Subtropicales Argentinos (Bosque Atlántico y Yungas). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 344pp.

FLORES F.; Hilgert, N.; Zamudio, F.; Fabbio, F.; Lupo, L. 2021. Pollen analysis of honeys from *Apis mellifera* and *Tetragonisca fiebrigi* (Hymenoptera: Apidae) in the Upper Paraná Atlantic Forest, Argentina. *Rodriguésia* 72: e00902020. <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202172100>

GALIMBERTI A.; De Mattia F.; Bruni I.; Scaccabarozzi D.; Sandionigi A.; Barbuto M.; et al. (2014) A DNA Barcoding Approach to Characterize Pollen Collected by Honeybees. *PLoS ONE* 9(10): e109363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109363>

MAIDANA, J. 1976. Determinación de la flora melífera del departamento Capital de la Provincia de Corrientes. Trabajo de Graduación. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Inédito.

MARKGRAF, V.; D'Antoni H.L. 1978. Pollen Flora of Argentina. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 208pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN (MAGyP), 2019. Guía para la caracterización de mieles argentinas. (www.alimentosargentinos.gob.ar)

MIRANDA, D.; Molina, R.; Aquino, D.; Pellizzer, N.; Berdún, A.; Fernández, L.; Huk, L. 2019. Flora utilizada por *Apis mellifera* L. y *Tetragonisca fiebrigi* Schwarz en Misiones, Argentina. *Yvyrareta* 26, pp. 38-54.

MORELLO, J.; Matteucci, S.; Rodríguez, A.; Silva, M. 2da. edición 2018. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Orientación Gráfica Editora. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 790pp.

PAREDES, A.M. Sosa, R. Valdez, E. Surkan, S. 2007. Evaluación diagnóstica de mieles de distintas zonas apícolas de Misiones. VI Jornadas Científico Tecnológicas. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones:317-320 Editorial Universitaria. Posadas.

PIRE, S.M.; Anzotegui, L. M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 1998. Flora polínica del nordeste argentino Vol I: Fam. Amaranthaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Brassicaceae, Buddlejaceae, Chenopodiaceae, Myrtaceae, Polygalaceae, Ranunculaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Solanaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. 143pp.

PIRE, S.M.; Anzotegui, L.M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 2001. Flora polínica del nordeste argentino Vol II: Fam. Anacardiaceae, Apocynaceae, Basellaceae Berberidaceae, Celastraceae, Celtidaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Rhamnaceae, Simaroubaceae, Solanaceae. Ulmaceae, Vitaceae, Zygophyllaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. 172pp.

PIRE, S.M.; Anzotegui, L.M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 2006. Flora polínica del nordeste argentino Vol III: Fam. Acanthaceae, Annonaceae, Combretaceae, Erythroxylaceae, Fabaceae, Gentianaceae, Lorantaceae, Malpighiaceae, Malvaceae, Martyniaceae, Menyanthaceae, Rhamnaceae, Solanaceae. Tiliaceae, Vivianaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. 172pp.

PIRE, S.M.; Anzotegui, L.M.; Cuadrado, G.A. (EDS) 2013. Flora polínica del nordeste argentino Vol IV: Fam. Asteraceae, Cactaceae, Calyceraceae, Caryophyllaceae, Cecropiaceae, Fabaceae, Fumariaceae, Geraniaceae, Linaceae, Linderniaceae, Orobanchaceae, Poaceae, Rubiaceae-Cinchonoideae. Scrophulariaceae. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes. 168pp.

SALGADO, C. 2006. Flora Melífera en la provincia del Chaco. Ministerio de la Producción del Chaco.

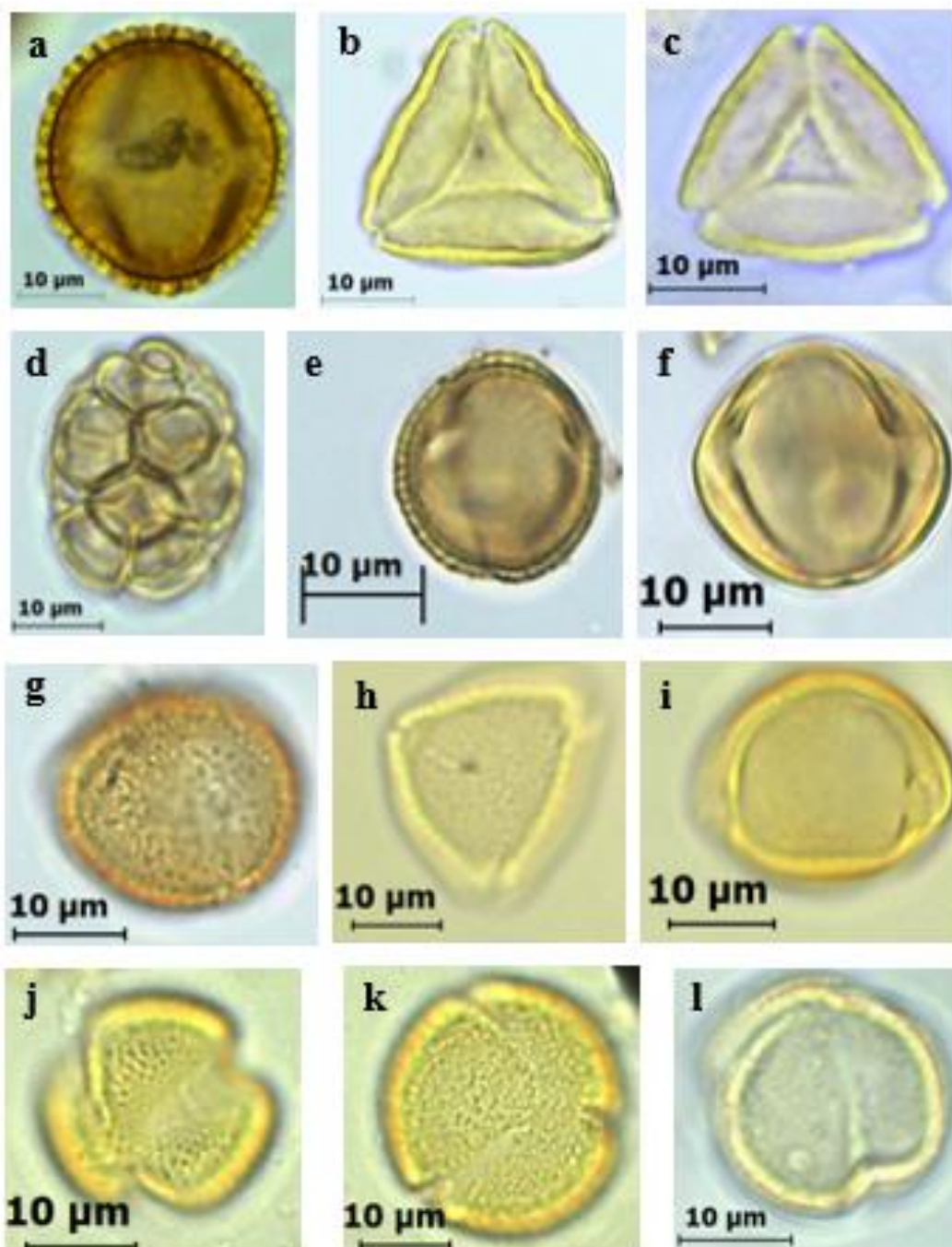
SALGADO, C.; PIRE, S.M. 1998. Análisis polínico de mieles del Noroeste de la provincia de Corrientes (Argentina). *Darwiniana* 36 (1-4) pp: 87-93.

SALGADO, C.; PIRE, S.M. 1999. Contribución al conocimiento del contenido polínico de mieles de Corrientes (Argentina). *Ameghiniana*, A.P.A. publicación especial 6: 95-99.

SALGADO, C.; Piesko, G.; Tellería, M. 2014. Aporte de la Melisopalinología al conocimiento de la flora melífera de un sector de la Provincia _Fitogeográfica Chaqueña, Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 49 (4): 513-524.

TELLERÍA, M.C. 2010. Avances y perspectivas en la tipificación de mieles argentinas. Libro de resúmenes. X Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía y VII Congreso Latinoamericano de Paleontología, 98 p

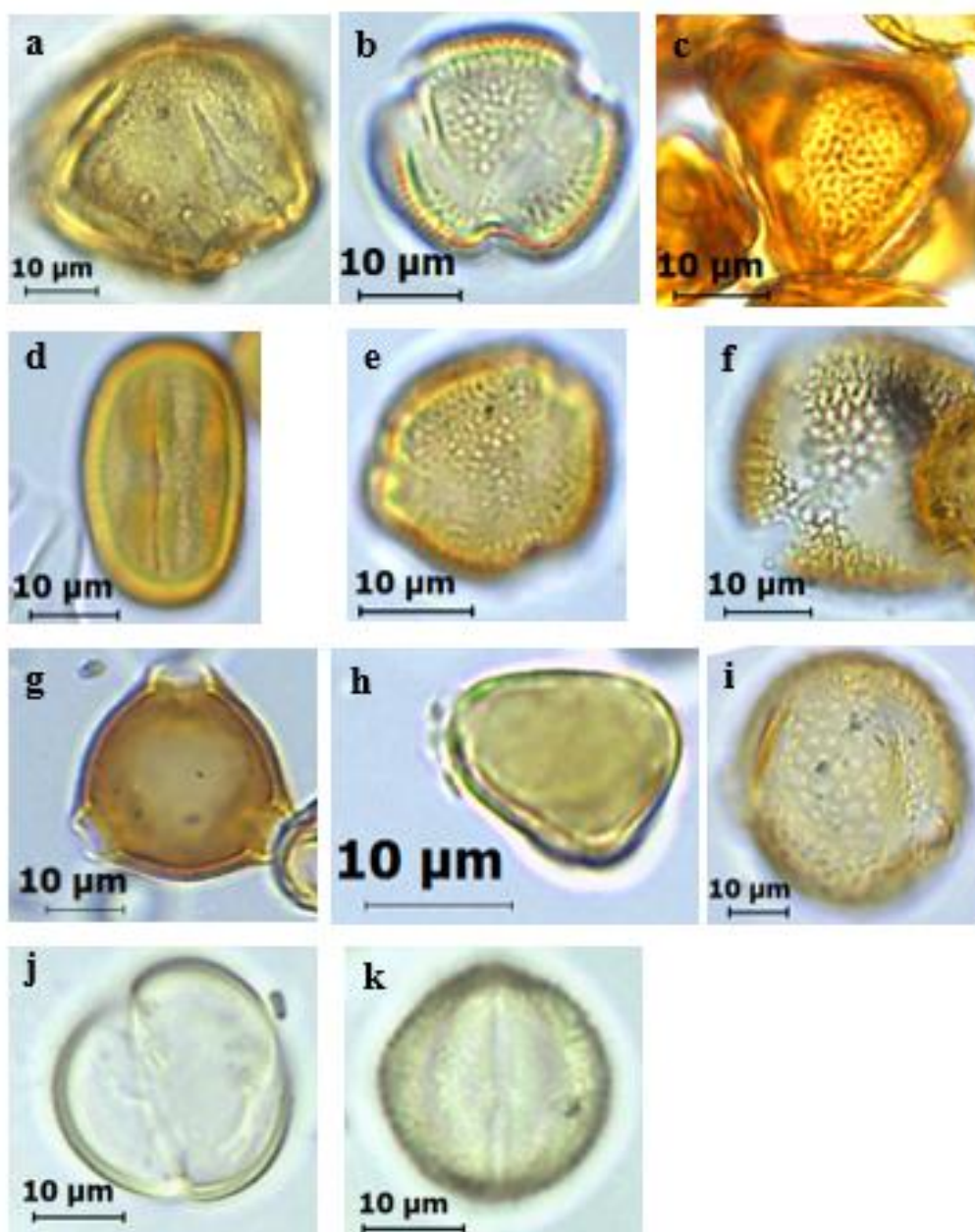
ANEXO 1



Tipos polínicos más frecuentes: a- Tipo *Ilex*. b- *Matayba elaeagnoides*. c- Tipo *Eugenia*. d- *Parapiptadenia rigida*. e- *Sambucus australis*.

Tipos polínicos no identificados: f- Indet. 1. g- Indet. 2. h- Indet. 3. i- Indet. 4. j- Indet. 5. k- Indet. 6. l- Indet. 7.

ANEXO 2



Tipos polínicos no identificados: a- Indet. 8. b- Indet. 9. c- Indet. 10. d- Indet. 11. e- Indet. 12. f- Indet. 13. g- Indet. 14. h- Indet. 15. i- Indet. 16. j- Indet. 17. k- Indet. 18.

SINTOMATOLOGÍA E INSECTOS FITÓFAGOS ASOCIADOS AL DECAIMIENTO DE LA *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch RECIENTEMENTE OBSERVADA EN LOS BOSQUES DE ARGENTINA.

SYMPTOMATOLOGY AND PHYTOPHAGOUS INSECTS
ASSOCIATED WITH THE DECAY OF THE *Araucaria
araucana* (Molina) K. Koch RECENTLY OBSERVED IN THE
FORESTS OF ARGENTINA.

Fecha de recepción: 08/07/2019 // Fecha de aceptación: 20/12/2021

Sergio Igor Tiranti

Lic. en Ciencias Biológicas. MSc.
Zoología. Profesor Adjunto.
Asentamiento Universitario de San
Martín de los Andes – Universidad
Nacional del Comahue, Argentina.
Pasaje de la Paz 235. San Martín
de los Andes, Argentina. CP: 8370
- sitiranti@yahoo.com.ar

Hernán Alberto Mattes Fernández

Ingeniero Agrónomo. Profesor
Adjunto. Asentamiento
Universitario de San Martín de los
Andes – Universidad Nacional del
Comahue, Argentina. Pasaje de la
Paz 235. San Martín de los Andes,
Argentina. CP: 8371 -
hernanmattes@yahoo.com.ar

Javier Sanguinetti

Doctor en Ciencias Biológicas,
Ecología Forestal y manejo de
fauna exótica invasora. Biólogo
Parque Nacional Lanín,
Administración de Parques
Nacionales. Padre Milanesio
570, Junín de los Andes,
Argentina. CP: 8371.
sanguinetti.javier@gmail.com

RESUMEN

La aparición generalizada de síntomas de clorosis y necrosis en las copas de los pehuenes (*Araucaria araucana* (Molina) K. Koch) en Chile y Argentina provocó alarma en las instituciones encargadas de su conservación en ambos países. En 2016 personal de Parques Nacionales (P.N. Lanín) comenzó a trabajar en el problema con mediante una prospección fitosanitaria en Mamuil Malal, Neuquén, Argentina, con el objetivo de registrar la sintomatología de los árboles afectados por el decaimiento. Posteriormente, el estudio se centró particularmente en relevar en el lugar la fauna de insectos fitófagos con la instalación de trampas. En el presente trabajo, además de artrópodos de diversos órdenes y familias, se identificaron los siguientes insectos fitófagos del pehuén: *Sinophloeus destructor* (EGGERS 1942), *Araucarius* sp. y *Calvertius tuberosus* (Faimaire & Germain). El presente trabajo tuvo como objetivos describir la sintomatología en pehuenes afectados por el decaimiento y determinar las especies de insectos

SUMMARY

The widespread appearance of symptoms of chlorosis and necrosis in the crowns of pehuenes (*Araucaria araucana* (Molina) K. Koch) in Chile and Argentina caused alarm in the institutions responsible for their conservation in both countries. In 2016, National Parks (P.N. Lanín) staff began working on the problem through a phytosanitary survey in Mamuil Malal, Neuquén, Argentina, with the aim of recording the symptoms of the trees affected by the decline. Subsequently, the study focused particularly on surveying the fauna of phytophagous insects with the installation of funnel traps. In the present work, in addition to arthropods of various orders and families, the following phytophagous insects of the pehuén were identified: *Sinophloeus destructor* (EGGERS 1942), *Araucarius* sp. and *Calvertius tuberosus* (Faimaire & Germain). The objectives of the present work were to describe the symptomatology in pehuenes affected by the decline and to determine the species

fitófagos asociados al mismo.

Palabras Clave: Araucaria, pehuén, sequía, Coleoptera, *Sinophloeus destructor*

of phytophagous insects associated with it.

Key Words Araucaria, pehuén, drought, Coleoptera, *Sinophloeus destructor*

INTRODUCCIÓN

La *Araucaria araucana* (pehuén, pewen), árbol emblemático de Argentina y Chile, de alto valor ecológico y socio-económico y con una limitada superficie de distribución (37° 45' a 40° 20' Lat S), según el registro de especies amenazadas (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN) está considerada como especie en peligro (PREMOLI *et al.*, 2013). En 2016 comenzó a observarse en toda su zona de distribución un decaimiento tanto en árboles jóvenes como maduros, caracterizado por una clorosis y/o necrosis parcial o total de la copa. Considerando su categoría de conservación, se hizo necesario actuar con suma urgencia para determinar las causas de esta enfermedad de decaimiento. Con ese objetivo se comenzaron a realizar trabajos de investigación en el problema en junio de 2016 con una prospección fitosanitaria en bosques de pehuén de Mamuil Malal (P.N. Lanín), provincia de Neuquén. En 2017 se continuó el estudio con un monitoreo de los insectos fitófagos presentes en el área mediante la instalación de dos trampas embudos Lindgren. En cuanto a antecedentes, algunas de las especies de insectos asociadas con la *Araucaria araucana* fueron descritas hace más de 150 años [por ej. *Xylechinosomus bicolor* (PHILIPPI y PHILIPPI, 1864)], mientras que otras hacen más de 70 años [*Sinophloeus destructor* (EGGERS, 1942) e *Hylurgonotus antipodus* (EGGERS, opp. cit.)]. Así, observaciones inéditas y colecciones de Mario Gentili dan cuenta de la presencia de las dos especies mencionadas (sin determinar) en primer término para el área de Mamuil Malal con sintomatología similar a la observada en esta oportunidad (Fecha de la observación: 18 de octubre de 1994). En las últimas décadas se descubrieron e identificaron algunas especies nativas fitófagas que generan cierto daño, especialmente en condiciones de estrés, como la larva minadora [*Araucarivora gentilli* (HODGES, 1997)] o el taladro del pehuén [*Huequenía livida* (GERMAIN, 1898)].

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Mamuil Malal (Parque Nacional Lanín), (Lat. 39° 35' S Long 71° 27' W). Se encuentra ubicado a 1227 metros sobre nivel del mar, a 60 kilómetros de Junín de los Andes y a 105 kilómetros de San Martín de los Andes, dentro de la Provincia de Neuquén, Argentina. El relieve es irregular montañoso rocoso. La temperatura máxima en verano es de 25° C

y la de invierno de -10° C. La zona se caracteriza por poseer bosques puros y mixtos de *Araucaria araucana*, en estos últimos asociada con lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) y/o ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don.)). Son bosques que sufren presión antropogénica por el paso de vehículos y personas por la Ruta Provincial N° 40 y por su cercanía al Paso Internacional Mamuil Malal.

Observación y recolección de muestras

En primer lugar, se realizó un estudio de la sintomatología mediante una observación *in situ* que incluyó un registro fotográfico y la obtención de muestras de ramas y hojas de árboles vivos jóvenes y adultos con síntomas que fueron analizadas posteriormente en el Laboratorio de Sanidad Forestal del Asentamiento Universitario de San Martín de los Andes (Universidad Nacional del Comahue). Para la evaluación de los insectos presentes en el bosque de araucarias se seleccionaron dos sitios (sitio orientación norte = N y sitio orientación sur = S) en Mamuil Malal (Paso Tromen) donde en cada uno se instaló una trampa multiembudo Lindgren con alcohol etílico como atrayente y conservante. Estas trampas son a menudo usadas con atrayentes para la captura y monitoreo de escarabajos de importancia forestal como los escolítidos. Su diseño permite la captura y muerte de los ejemplares atrapados. La hilera de embudos en posición vertical imita a árboles en pie y los coleópteros xilófagos son atraídas a ellos (FILHO & FLECHTMANN, 1986, FLECHTMANN *et al.*, 2000). El olor a etanol contribuye también a atraerlos y además se obtienen en las capturas muchos otros insectos. En el presente caso las trampas constaron de doce embudos cada una y fueron suspendidas mediante sogas debajo o en cercanías de los árboles hospedantes en bosquetes de araucaria y lenga. Se realizaron colectas de las muestras durante el año 2017 en las fechas 14 de marzo, 3 de abril, 21 de noviembre y 21 de diciembre. El material recolectado fue preservado e identificado en el laboratorio hasta el mayor nivel taxonómico posible siguiendo las guías y claves disponibles (ARIAS TOBAR, 2000; WOOD, 2007) poniendo el énfasis en los órdenes de mayor importancia forestal como los coleópteros. Para la identificación taxonómica se utilizó una lupa estereoscópica Arcano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sintomatología

En árboles sobremaduros se observaron los siguientes síntomas: resinosidad en el tronco, sectores de

las ramas (principalmente basales) con hojas necróticas y cloróticas, hojas con manchas cloróticas y necróticas, y pequeños rebrotes cloróticos emergiendo de las mismas. Por otra parte, se encontraron árboles adultos con un viraje de color a castaño rojizo en ramas de la parte basal y hasta la parte media de la copa y otros con el mismo síntoma alcanzando en forma irregular la parte superior de la copa (Figuras 1). Se visualizaron también árboles muy jóvenes, de 4 a 5 años de edad, con la copa totalmente afectada (Figura 2). En los sitios más afectados se pudo determinar que la distribución espacial de la enfermedad era de forma agregada. Al tomar muestras de las ramas de color castaño rojizo se constató que los ápices se desarmaban fácilmente y que la base de las hojas y el sitio de inserción de las hojas en las ramas estaban totalmente necrosados y desagregados (Figura 3). Además, se detectó una atrofia pronunciada de conos femeninos en algunos ejemplares adultos.



Figura 1. Ejemplares adultos de *Araucaria araucana* con síntomas de decaimiento
Figure 1. Decay symptoms on adult trees of *Araucaria araucana*



Figura 2. Renovales muertos de *Araucaria araucana*
Figure 2. Dead young trees of *Araucaria araucana*



Figura 3. Síntomas de necrosis apical en ramas de *Araucaria araucana*.
Figure 3. Symptoms of apical necrosis on branches of *Araucaria araucana*.

Signos

En laboratorio, en las muestras de ramas y hojas recolectadas, se encontraron numerosos insectos de muy pequeño tamaño (3mm) en el interior de las bases de las hojas escamiformes cuyo tejido estaba transformado en aserrín y deyecciones. En algunos casos en esta masa se observaron larvas de Diptera y ejemplares de Psocoptera (Corrodentia). La mayoría de los insectos recuperados pertenecen al Orden Coleoptera, Superfamilia Curculionoidea, Familia Scolytidae y algunos pocos pertenecen a Curculionidae *sensu stricto*. Se inspeccionó un árbol recientemente muerto y se constató debajo de la corteza la presencia de abundante micelio fúngico. Se logró aislar *in vitro* el hongo y se está trabajando en su identificación.

Captura en trampas Lindgren

Las trampas proporcionaron una gran variedad de insectos (y unos pocos artrópodos de otros grupos como arañas y ácaros) (Figuras 4 y 5) que incluyeron los siguientes órdenes:

Collembola, Hemiptera, Thysanoptera, Psocoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera

Numéricamente las mayores capturas de insectos fitófagos correspondieron a un pequeño gorgojo del género *Nothofaginoidea* KUSCHEL, 1952, asociado a especies de *Nothofagus*. Otros insectos también huéspedes de *Nothofagus* incluyeron varias especies de los escolítidos, *Gnathotrupes* spp., lucánidos, *Pycnosiphorus* sp. y escarabeidos, entre otros. En cuanto a los insectos fitófagos del pehuén se registró la presencia en las trampas de *Sinophloeus destructor* (Figura 6) (el más coleccionado en la búsqueda manual en ramas y hojas), *Araucarius* sp. (Figura 7) y *Calvertius tuberosus* (GIGANTI y DAPOTO, 1990). Los resultados de las capturas se detallan en la Tabla 1.



Figura 4. Vista de la trampa Lindgren
Figure 4. Lindgren trap view



Figura 5. Resultado de una captura con la trampa embudo Lindgren
Figure 5. Results of a capture with a lindgren funnel trap



Figura 6. Vista de perfil de Sinophloeus destructor
Figure 6. Profile view of Sinophloeus destructor



Figura 7. Vista de perfil de Araucarius sp
Figure 7. Lateral view of Araucarius sp

Considerando los antecedentes (WOOD, 2007), la irrupción masiva de escolítidos no es ninguna novedad, siendo más frecuente en bosques templados. Las investigaciones de problemas fitosanitarios del pehuén en la región son recientes y mayormente relacionadas con la depredación y dispersión de piñones por vertebrados (SANGUINETTI, 2014). La falta de citas explícitas para la Argentina agrega otra dificultad más; así en la obra de WOOD (2007) se nombra a *Xylechinosomus valdivianus* con la cita general “Argentina (specimens not seen)”. De todas maneras, dada la cohesión biótica del pehuén y sus huéspedes es de esperar nuevos hallazgos a ambos lados del límite argentino-chileno (FERRER *et al.*, 2007). Posiblemente la sequía y las altas temperaturas observadas en el verano de 2016, y las prolongadas sequías estivales recurrentes que ocurren desde hace varios años en la región hayan sido el factor predisponente del problema fitosanitario observado (HADAD *et al.*, 2014; GARREAUD *et al.*, 2017). Existen más datos que corroborarían esta hipótesis. Los resultados de un estudio dendrocronológico en Chile revelaron que entre el 2010 y fines de 2015 entre los 34-40° de latitud S se registró la sequía más prolongada e intensa de los últimos 1000 años. En estudios más recientes se afirma que el stress por sequía y calor sufrido por los pehuenes, que provoca el agotamiento parcial de reservas de carbono, los predispuso para el ataque severo de *Sinophloeus destructor* y un hongo fitófago aún no determinado (SANGUINETTI, 2017). En situaciones normales estos ataques estarían circunscritos a las ramas basales y no avanzarían por toda la copa hasta producir la muerte del ejemplar. Es muy importante continuar la investigación con un monitoreo estacional de las poblaciones de los insectos fitófagos con puntos de muestreo en toda el área de distribución del pehuén en Argentina, poniendo particular atención al *Sinophloeus destructor*.

CONCLUSIONES

Los muestreos con trampas multiembudo Lindgren pueden ser muy útiles para detectar estallidos poblacionales de insectos de importancia forestal. En este caso, a diferencia de la irrupción observada de *Sinophloeus destructor* en el sitio el año anterior, en el muestreo realizado se obtuvieron pocos ejemplares de dicha especie fitófaga. Los individuos capturados en mayor abundancia correspondieron a gorgojos defoliadores de la lengua, *Nothofaginoides* sp.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS Tobar, E. 2000. Coleópteros de Chile. Auto Ediciones. 212 pp
- EGGERS, H. 1942. Borkenkäfer (Ipidae, Col.) aus Südamerika. IX. 5 Neue Chilenen. Zoologischer Anzeiger 139: 13-17
- FERRER, M.S., A. E. Marvaldi y M. F. Tognelli. 2007. First records of three species of *Oxycraspedus* Kuschel (Coleoptera: Belidae) in Argentina and use of a predictive model to compare their potential distribution with the range of their host-plant, *Araucaria araucana*. Revista Chilena de Historia Natural 80: 327-333
- FILHO, E. B. y C. A. H. Flechtmann, 1986. A model of ethanol trap to collect Scolytidae and Platypodidae (Insecta, Coleoptera). IPEF, n. 34: 53-56.
- FLECHTMANN, C. A. H., A. L. T. Ottati y C. W. Berisford. 2000. Comparison of four trap types for ambrosia beetles (Coleoptera, Scolytidae) in Brazilian Eucalyptus stands. Forest Entomology, J. Econ. Entomol. 93(6): 1701-1707.
- GARREAUD, R., C. Alvarez-Garretón, J. Barichivich, J. Boisier, D. Christie, M. Galleguillos C. Lequesne, J. Mcphee & M. Zambrano-Bigiarini. 2017. The 2010–2015 Megadrought In Central Chile: Impacts On Regional Hydroclimate And Vegetation. Hydrol. Earth Syst. Sci., 21, 6307–6327, 2017 - [HTTPS://DOI.ORG/10.5194/HESS-21-6307-2017](https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017)
- GERMAIN P. 1898. Apuntes entomológicos. Los lonjicornios chilenos. 2.a Sub-familia: Los Cerambicidos. Anales de la Universidad de Chile 100: 541–562. DOI: 10.5354/0717-8883.1898. 21275
- GIGANTI, H. & G. Dapoto. 1990. Coleópteros de los bosques nativos del Departamento Aluminé (Neuquén-Argentina). BOSQUE 11(2): 37-44.
- HADAD, M., F. Roig, J. Juñent, A. Boninsegna & D. 2014. Age effects on the climatic signal in *Araucaria araucana* from xeric sites in Patagonia, Argentina. Plant Ecology & Diversity DOI: 10.1080/17550874.2014.980350
- HODGES, R.W. 1997. A new Agonoxenine moth damaging *Araucaria araucana* needles in western Argentina and notes of the Neotropical Agonoxeninae fauna (Lepidoptera: Gelechioidea; Elachistidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington, 99(2): 267-278.
- PHILIPPI, R. A. and Philippi, F.: Beschreibung einiger neuen chilenischen Käfer, Stett. Entomol. Z., 25, 266–284, 1864.
- PREMOLI, A., Quiroga, P. & Gardner, M. 2013. *Araucaria araucana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T31355A2805113.
- SANGUINETTI, J. 2014. Producción de semillas de *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch durante 15 años en diferentes poblaciones del Parque Nacional Lanín (Neuquén-Argentina). Ecología Austral 24:265-275
- SANGUINETTI, J. 2017. Informe Seminario “Avances en la determinación del daño sanitario en *Araucaria araucana*” 28 de junio – Temuco (Chile). Min. de Amb. y Des. Sustentable. Adm de Parques Nacionales.
- WOOD, S. 2007. Bark and ambrosia beetles of South America (Coleoptera: Scolytidae). Mont. L. Bean Life Science Museum, Brigham Young University. Provo, Utah.

FICHA TÉCNICA

MORFOLOGÍA POLÍNICA DE PLANTAS LEÑOSAS DE MISIONES, ARGENTINA

Especie: *Senegalia tucumanensis* (Griseb.) Seigler & Ebinger

Yanet Aquino

Becaria Doctoral del CONICET.
beelabmisiones@gmail.com

Dora Miranda

Cátedra Morfología Vegetal.
Facultad de Ciencias Forestales,
Universidad Nacional de Misiones.
Bertoni N° 124 (CP 3380),
Eldorado, Misiones.
dora.miranda@fcf.unam.edu.ar

Familia: Fabaceae

Nombre vulgar: Yuquerí

Hábito: Arbusto apoyante

Status: Nativa

Período de floración: de Octubre a
diciembre.

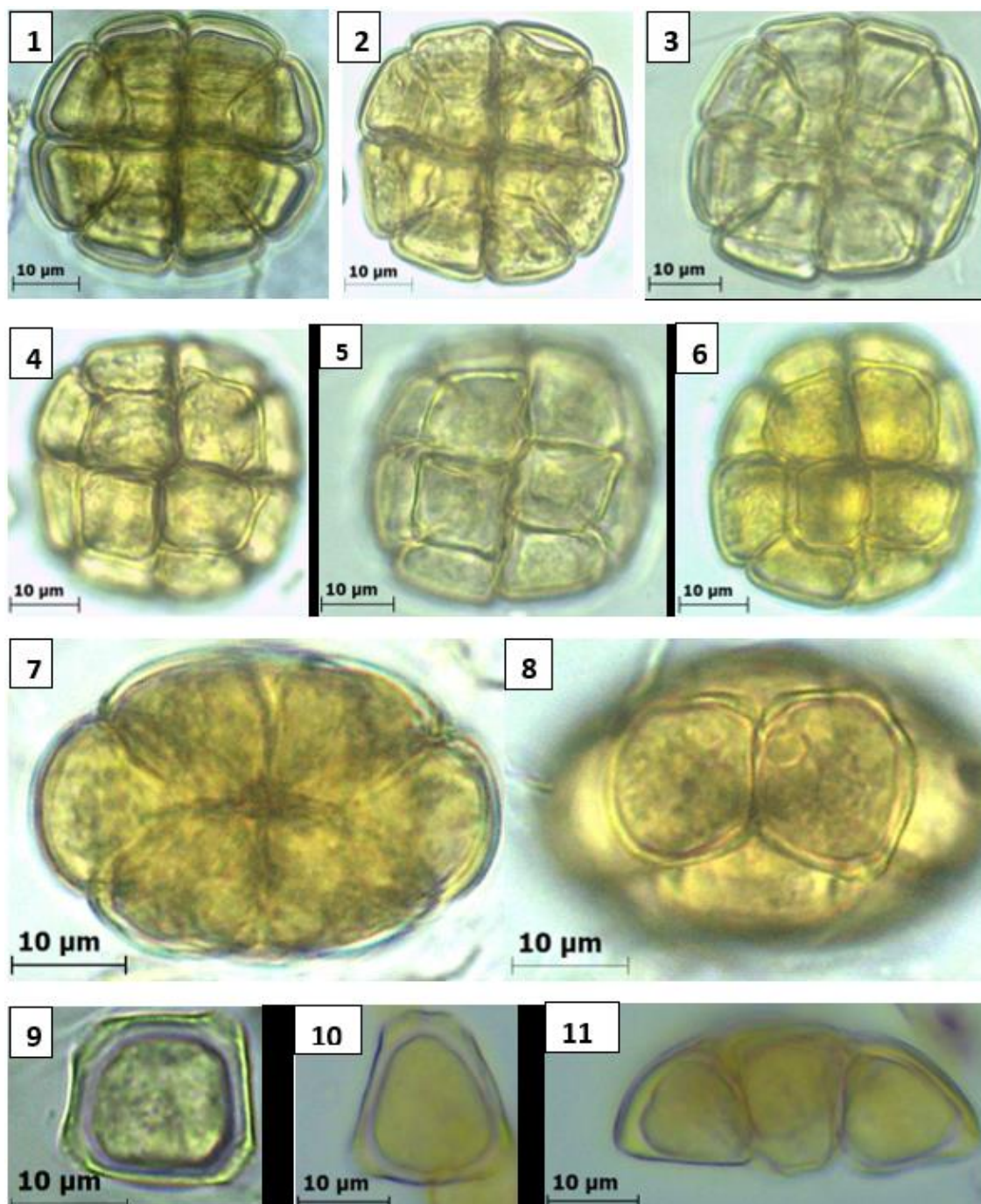
MORFOLOGÍA POLÍNICA

Granos dispersos en forma de
poliada regular acalimada
compuesta por 16 granos, forma de
circular a cuadrangular,
radiosimétricas. Eje mayor de:
44,95 (41,54) 38,36 μ m, eje menor
de: 38,85 (37,67) 36,28 μ m, y eje
de simetría: 33,23 (30,24)
27,46 μ m.

Mónades heteropolares de 14,67 μ
x 15,73 μ aprox., de forma
piramidal unidas por el polo
proximal como vértice,
anguloaperturado, tetraporado.
Exina de: 1,15 μ m, según análisis
L.O. tectada psilada a levemente
fisurada.

MATERIAL ESTUDIADO

Senegalia tucumanensis (Griseb.)
Seigler & Ebinger: Argentina,
Misiones: Guaraní, Reserva de
Usos Múltiples de Guaraní
(RUMG), Amarilla, W. 33a (MIS),
PAL-MIS 41, Identificación
taxonómica: Keller, H.



Referencias: 1-6 **Vista polar:** 1-3 vista en corte óptico. 4-6 vista superficial de la poliade.

7-8 **Vista Ecuatorial:** en 7 vista en corte óptico, nótese la forma piramidal de las poliades unidas por el polo proximal como vértice y el polo distal como base. 8 vista superficial.

9-11 **Vista de mónades:** 9-10 vista de una mónade, nótese como varía la ubicación de la apertura, en mónades centrales “9” son equidistantes adquiriendo una forma cuadrada. En 10 y 11 se aprecian mónades que pertenecen a la periferia de la poliade en vista polar, adquiriendo estas una forma sub-triangular, vistas desde el polo distal.

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, ambientales y agronómicas.

Los trabajos deben ser originales, inéditos y de actualidad técnica científica. Los artículos serán: **Trabajos de investigación** comprenden resultados de estudios experimentales o descriptivos llevados a cabo hasta un punto que permita la deducción de conclusiones válidas; **Comunicaciones**: trabajos que contengan resultados de investigaciones en curso, o que desarrollen una nueva técnica o metodología; **Revisiones**: trabajos que resuman el estado actual del conocimiento sobre un tema. La aceptación de todos los trabajos recibidos para publicación estará basada en la revisión del comité editorial y los árbitros que se consideren necesarios.

FORMATO

Los trabajos deberán ser presentados en hojas de formato A4, escritas a doble espacio e impresas en procesador de texto Microsoft Word para Windows, cada página numerada en la parte inferior derecha, con márgenes izquierdo, superior e inferior de 2,5cm y derecho de 2cm. Podrán tener hasta un máximo de 15 páginas. Todas las partes de la estructura deberán ir alineadas al margen izquierdo, en mayúscula y en negrita. Si hubiera subtítulos, en minúscula y negrita. Al comienzo de las oraciones dejar una tabulación de 1,25cm. Fuente Times New Roman tamaño 12.

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

La estructura de los trabajos responderá al siguiente ordenamiento:

- « **Carátula: TÍTULO**, en castellano e inglés; **AUTORES**: Nombre y apellido completo, centrado y en minúscula, en negrita, con llamadas numeradas. Debajo de los autores, alineados a la izquierda, colocar: títulos, cargo e institución, incluyendo dirección completa y correo electrónico.
- « Comenzar en otra página con:
- « **Título**: en castellano e inglés, debe ser conciso indicando con claridad su contenido, en letra mayúscula, negrita y centrado.
- « **Resumen**: Es una síntesis del texto de hasta 200 palabras presentando los aspectos más relevantes del trabajo: problema estudiado, importancia, objetivos, materiales y métodos, resultados y conclusiones. No citar literatura, citas, llamados a cuadros y figuras. Estará escrito en español (**Resumen**) y en inglés (**Summary**).
- « **Palabras Clave**: Son palabras que indican al lector los temas a los que hace referencia el artículo, Su número debe ser de cuatro a seis, y no deben estar contenidas en el título. Van después del resumen.
- « **Key Words**: Son las mismas palabras enlistadas en el apartado anterior, pero en inglés. Se sitúan inmediatamente después del Summary.
- « **Introducción**: Debe indicar claramente el objetivo e hipótesis de la investigación y su relación con otros trabajos relevantes. Estos, los trabajos, deberán citarse, hay dos casos: con el autor y sólo el año de publicación entre paréntesis; y otro caso de el autor y el año entre paréntesis, ya que luego aparecerá en la bibliografía. En caso de un autor el Apellido y seguido del año, (López 1980); en el caso de dos autores colocar “y”, (López y Martínez 1990) y más de dos colocar “*etal.*” (Lopez *et al.* 1985).
- « Por ejemplo: En comparación con el presente trabajo, Veillon (1976) contó 278 individuos.; o como así también en los planes de mejoramiento (Reppet, 1990).
- « **Materiales y Métodos**: la descripción de los materiales debe ser en forma concisa y si las técnicas o procedimientos utilizados han sido publicados sólo deberá mencionarse su fuente bibliográfica, e incluir detalles que representen modificaciones sustanciales del procedimiento original.
- « **Resultados y Discusión**: Estos se presentarán en lo posible en cuadros y/o figuras, que serán respaldados por cálculos estadísticos, evitando la repetición, en forma que en cada caso resulte adecuada para la mejorinterpretación de resultados. Se explicarán los resultados obtenidos y se confrontarán con los de otros trabajos, así como con los conocimientos científicos existentes. Las denominaciones serán: tablas; figuras (mapa, organigrama), y gráfico (representaciones gráficas), deben ir incorporadas en el texto con numeración arábica, en negrita, minúscula. Los títulos de las tablas deben ir en la parte superior, y de gráficos y figuras en la inferior. Si los Gráficos y figuras no son muy complejas que no superen un ancho de 7,5cm. Las tablas solo deben tener líneas simples horizontales en los encabezados de las mismas y al final. Los gráficos y fotos serán impresos en blanco y negro. Los títulos de tablas, figuras y gráficos con traducción al inglés.

- « **Conclusión:** Debe ser basada en los resultados obtenidos y ofrecer, si es posible, una solución al problema planteado en la introducción.
- « **Agradecimientos:** En esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.
- « **Bibliografía Citada:** Deberá estar **únicamente la bibliografía referenciada**, en orden alfabético.
Libros: Autores (apellido e iniciales de los nombres), el primer apellido con mayúscula, año de publicación, Título, Editorial, Lugar de publicación, Número de volumen y de páginas. En caso de **Revistas:** Autores (apellido e iniciales de los nombres), el primer apellido con mayúscula, año de publicación, Título del artículo, nombre de la revista o publicación, Número de volumen y de Revista y páginas del artículo. El formato deberá ser con sangría francesa a 0,5 cm. Ejemplos: **Libro:** 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 Yvyrareta, vía formulario online o en su defecto por e-mail: revistayvyrareta@gmail.com**
- « Todas las contribuciones serán evaluadas por pares anónimos nombrados por el Comité Editorial, quienes determinarán la calidad científica del material, la originalidad, la validez, la importancia del trabajo y la adaptación a las normas de publicación de la Revista YVYRARETA. Dicho Comité comunicará su aceptación provisional o su no aceptación para publicación, así como las posibles modificaciones sugeridas en un plazo máximo de dos meses a partir de su recepción. La redacción se reserva el derecho de suprimir ilustraciones y alterar el texto sin que ello modifique el contenido.
- « **El autor de correspondencia con el Comité Editor, al enviar el artículo para su evaluación (si fueran varios autores), acepta que:**

1. **Los datos contenidos son exactos y las afirmaciones realizadas son fruto de la cuidadosa tarea de investigación de los autores;**
2. **Todos los autores han participado en el trabajo en forma sustancial y asumen la responsabilidad por el mismo;**
3. **El trabajo que se envía no ha sido publicado totalmente ni en parte ni tampoco ha sido enviado a otras revistas para su publicación. Se exceptúan de esta norma los trabajos originados en tesis de posgrado.**
4. **Los conceptos de los trabajos son de total responsabilidad de los autores. Ni la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM, ni la Revista Forestal YVYRARETA se responsabilizan por tales conceptos emitidos.** Una vez aceptados para publicación, los artículos admitidos son de propiedad de la Revista y su reproducción deberá ser convenientemente autorizada por escrito por el editor.
5. **Derechos de autor:** al enviar el artículo para su publicación, cuando aceptan las normas de publicación manifiestan la originalidad del artículo y transfieren los derechos de autor.
6. **La aceptación del artículo, comunicación y/o ficha para su evaluación no implica que el mismo será publicado.** Deberá ser evaluado y **aprobado por los pares evaluadores para ser aceptado para su publicación**



SECRETARÍA DE CIENCIA Y
TÉCNICA

www.yvyrareta.com.ar