

ISSN: 0328-8854 (versión impresa)
ISSN: 2469-004X (versión en línea)



Yvyrareta

Revista Forestal País de Arboles



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES

31

DICIEMBRE 2023

www.yvyrareta.com.ar



SECRETARÍA DE CIENCIA Y
TÉCNICA

Autoridades

Rectora

M.Sc. Ing. Alicia Violeta BOHREN

Vice-Rector:

Ing. Sergio Edgardo KATOGUI

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. María Cristina BISCHOFF

Sec. Académica Adjunto

M.Sc. Ing. Mariano DI STASI

Sec. de Ciencia y Técnica

Prof. Esp. Carolina Ester RECKZIEGEL

Sec. de Postgrado

Prof. Esp. Carla Verónica DUARTE

Sec. Extensión

Ing. Juan Mauricio QUEZADA

Sec. Extensión Adjunto

Ing. Rosana Manuela MENDEZ

Sec. Administrativo

Sr. Hugo OSTAPOVICH

Sec. Bienestar Estudiantil

Est. Richard OLIVELLA

Sec. Bienestar Estudiantil Adjunto

Est. Mariano LIMA

Secretaria Técnica

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH

EDITORIAL

Me es grato presentar la Edición N°31 de la Revista Forestal Yvyretá, en la misma se exploran temas relacionados a distintas actividades del campo de las ciencias forestales y agrícolas en forma de artículos, comunicaciones y fichas técnicas.

En ésta edición se presentan múltiples temas y desde variados orígenes geográficos, lo que marca la oportunidad que representa la revista para la divulgación de estos conocimientos. Se incluyen en la misma, desarrollo de modelo de índice de sitio, trabajo sobre bosques degradados y su rehabilitación con diferentes manejos, y la importancia de los escarabajos estercoleros en sistemas productivos con ganadería. Se suman a la misma una comunicación sobre germinación de una especie en Río Negro, Argentina y dos fichas técnicas, una sobre manejo de frutos y semillas, producción de plantines y establecimiento a campo y otra sobre la dendrología de una especie misionera.

Finalmente, quiero agradecer a los autores, a los miembros del Comité Científico de la Revista, a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad de Ciencias Forestales y a todos los que hicieron posible éste número.

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.
Srta. Pierina Kahlstorf / Ing. Susana Mariela Teresczuch

Editor Responsable:

Ing. Héctor Fabian ROMERO

Editor Científico:

Prof. Esp. Carolina Ester RECKZIEGEL

Editor Técnico:

Ing. Susana Mariela TERESCZUCH

Revisión de texto en inglés:

Prof. Mónica FORTMANN

EVALUADORES DE ESTE NÚMERO

Mgter. Paola Gonzalez (EEA INTA Montecarlo/FCF UNaM)

Ing. Agnelli María (FCAyF -UNLP)

Dra. Daniela Cleide Azevedo o de Abreu (UTFPR, Brasil)

Mgter. Alicia Inés Calabroni (UNaF)

Mgter. Fabio Germán Achinelli (FCAyF UNLP)

Mgter. Ramón Alejandro Friedl (FCF UNaM)

Ing. Aldo Esteban Keller (EEA INTA Montecarlo/FCF UNaM)

Mgter. Natalia Alejandra Bedrij (IBS/CONICET)

Editores Asociados al número:

Dr. Fermín Gortari (FCF UNaM)

Mgter. Beatriz Irene Eibl (FCF UNaM)

Mgter. Raúl Pezutti (Forestal Bosques del Plata S.A.)

Mgter. Ramón Alejandro Friedl (FCF UNaM)

Dra. María Elena Schapovaloff (EEA INTA Montecarlo/FCF UNaM)

Dr. Juan Pedro Agostini (EEA INTA Montecarlo/FCF UNaM)

Tapa y Contratapa: Caña fistula (*Peltophorun dubium*) El árbol está ubicado en el ingreso del estacionamiento sureste (por calle Lisandro de la Torre) de la Facultad de Ciencias Forestales.

Foto: Lic. Melisa Vega

Diseño: Lic. Melisa 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 30 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

ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS CON GANADERIA: EFECTOS SOBRE LA BIOMASA SECA DE LAS PASTURAS Y LOS NUTRIENTES EN EL SUELO.....5
 DUNG BEETLES IN PRODUCTIVE SYSTEMS WITH LIVESTOCK: EFFECTS ON THE DRY BIOMASS OF PASTURES AND NUTRIENTS IN THE SOIL.

Belén Aquino; Andrés Gómez-Cifuentes; Gustavo Zurita

REHABILITACIÓN DE BOSQUE NATIVO DEGRADADO CON *Peltophorum dubium* (IBIRÁ PITA GUAZÚ) Y REGENERACIÓN NATURAL DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS.....13
 REHABILITATION OF DEGRADED NATIVE FOREST WITH *Peltophorum dubium* (IBIRÁ PITA GUAZÚ) AND NATURAL REGENERATION OF NATIVE FOREST SPECIES.

César Enrique Sirka; Ricardo Cristóbal Oviedo.

MODELO DE ÍNDICE DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *Neltuma alba* (Griseb.) C.E Hughes & G.P. Lewis EN FORMOSA, ARGENTINA.....21
 SITE INDEX MODEL FOR PLANTATIONS OF *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis IN FORMOSA, ARGENTINA.

Gladys M. Vicentini; Víctor R. Pérez; Ramón A. Friedl; Roberto A. Fernández

COMUNICACIÓN

GERMINACIÓN DE *Robinia pseudoacacia* (FABACEAE, FABOIDEAE) EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO (ARGENTINA)29
 GERMINATION OF *Robinia pseudoacacia* (FABACEAE, FABOIDEAE) IN ALTO VALLE DE RÍO NEGRO (ARGENTINA).

Adriel Ian Jocu; Carlos Rogelio Minué

FICHA TÉCNICA

MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS, PRODUCCIÓN DE PLANTINES Y ESTABLECIMIENTO A CAMPO DE ESPECIES NATIVAS: Especie: *Plinia rivularis* (Cambess.) Rotman Mirtaceae (Ivaporiti)36
 Rodríguez Gabriela; Cecilia González; Beatriz I. Eibl

ARBOLES DE MISIONES *Lonchocarpus nitidus* (Vog.) Benth. Syn: *Sphinctolonium nitidum* Vog.39
 Radins, Marcos R; Aguilera, Maria A.; Koppers, Guillermo; Martinez, Santiago Andres; Bohren, Alicia V.; Grance, Luis.

ESCARABAJOS ESTERCOLEROS EN SISTEMAS PRODUCTIVOS CON GANADERIA: EFECTOS SOBRE LA BIOMASA SECA DE LAS PASTURAS Y LOS NUTRIENTES EN EL SUELO

DUNG BEETLES IN LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEMS: EFFECTS ON PASTURE DRY BIOMASS AND SOIL NUTRIENTS.

Fecha de recepción: 20/01/2023 // Fecha de aceptación: 28/08/2023

Belén Aquino

Estudiante de ingeniería agronómica, Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Dirección: Bertoni 124, N3380, Eldorado, Misiones, Argentina, roxanabelenaquino@gmail.com

Andrés Gómez-Cifuentes

Dr. en Ciencias Biológicas, Investigador posdoctoral, Instituto de Biología Subtropical (IBS), UNaM-CONICET. Dirección Av. Felix de Azara 1552, N3300, Posadas, Misiones, Argentina, Autor para correspondencia: agomezcifuentes@conicet.gov.ar

Gustavo Zurita

Dr. en Ciencias Biológicas, Investigador independiente, Instituto de Biología Subtropical (IBS), UNaM-CONICET. Dirección: Av. Tres Fronteras 183, N3370, Puerto Iguazú, Misiones, Argentina. Profesor adjunto regular, Facultad de Ciencias Forestales, UNaM. Dirección: Bertoni 124, N3380, Eldorado, Misiones, Argentina, gazurita@conicet.gov.ar

RESUMEN

Los sistemas productivos con ganadería juegan un papel fundamental en la pérdida de bosques nativos, ya que, en el manejo bajo un sistema convencional a cielo abierto, se reemplaza la cobertura arbórea por pastos exóticos, afectando la biodiversidad y los nutrientes del suelo. Por otro lado, otro sistema de producción es el denominado silvopastoral donde se incluyen árboles nativos o exóticos, reduciendo algunos de esos efectos adversos del manejo convencional. En ambos casos, los escarabajos estercoleros son esenciales ya que se alimentan del estiércol vacuno manipulándolo y enterrándolo, promoviendo diferentes funciones ecológicas que incrementan la calidad del suelo. El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de dos sistemas de producción con ganadería (a cielo abierto: CA y silvopastoral: SSP) y la actividad de los escarabajos estercoleros sobre la biomasa seca de pasturas y sobre el ciclaje de los nutrientes del suelo en el norte de Misiones. Se realizó un experimento en diversos campos, comparando dos tratamientos: con y sin escarabajos estercoleros. Se cuantificó la biomasa seca de pasturas de la especie *Brachiaria bizantha* y se analizó la dotación de nutrientes del suelo. La biomasa seca de pasturas y el contenido de fósforo fue mayor en los sistemas productivos ganaderos con un manejo a

SUMMARY

Livestock production systems play a fundamental role in the loss of native forests since the conventional open pasture management systems replaced tree cover with exotic grasses, affecting biodiversity and soil nutrients. On the other hand, another production system called silvopastoral, in which native or exotic trees are included, reduced some of the adverse effects of conventional management. In both cases, dung beetles are essential since they feed on cow dung by handling and burying it, promoting different ecological functions that increase soil quality. The aim of this study was to determine the influence of two livestock production systems (open pasture: OP and silvopastoral: SP) and the activity of dung beetles on pasture dry biomass and soil nutrient cycling in northern Misiones. An experiment was conducted in several fields comparing two treatments: with and without dung beetles. The dry biomass of pastures (*Brachiaria bizantha*) and soil nutrients were analyzed. Dry pasture biomass and phosphorus content were higher in cattle production systems with open pasture range management compared to silvopastoral systems, respectively. The presence of trees negatively affected pasture production and soil nutrient content, probably due to excessive shading. On the other hand, no effect associated with dung beetle

cielo abierto, en comparación con silvopastoriles, respectivamente. La presencia de árboles afectó negativamente la producción de pasturas y el contenido de nutrientes en el suelo, probablemente por un exceso de sombreado.

Por otro lado, no se observó ningún efecto asociado con la actividad de los escarabajos estercoleros.

Palabras clave: silvopastoril, productividad, funciones ecosistémicas, ingenieros ecosistémicos, enterramiento, experimentos funcionales.

activity was observed.

Key words: silvopastoral, productivity, ecosystem functions, ecosystem engineers, burial activity, functional experiment.

INTRODUCCIÓN

En la última década más de 7 millones de hectáreas de bosques tropicales y subtropicales fueron reemplazados por áreas agrícolas, el 80% de esas áreas agrícolas fueron destinadas para la producción ganadera (FAO 2016). En Misiones, la actividad ganadera concentra un total aproximado de 370.000 cabezas que representan el 4,15% del stock ganadero de la región noreste de Argentina (9 millones aprox.) y el 0,68% de todo el país (55 millones aprox.) (MAGYP 2022). La actividad ganadera con un manejo a cielo abierto puede conducir a la degradación de los suelos, reducir la diversidad biológica y la provisión de servicios ecosistémicos, afectando en última instancia la propia producción (HUERTA *et al.*, 2016). En ecosistemas de bosques tropicales y subtropicales, la ganadería a cielo abierto generalmente implica el reemplazo total de la cobertura arbórea por la implantación de pasturas exóticas, que se caracterizan por su alta demanda lumínica, la cual implica efectos negativos en la biodiversidad edáfica, estrés en los animales que pastorean y en el incremento de la erosión del suelo (MURGUEITIO *et al.*, 2011). En contraste, existen algunos sistemas de producción con ganadería que integran árboles, arbustos, pastos y animales que son conocidos de forma genérica como sistemas silvopastoriles (IZAGUIRRE-FLORES y MARTÍNEZ-TINAJERO, 2008). La inclusión de árboles y/o arbustos como cercas vivas en el área de pasturas reduce, en algunos casos, algunos efectos adversos de la deforestación, favoreciendo a través del tiempo al mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo, la prevención de la erosión, la conservación del agua y de la diversidad biológica (NAHED *et al.*, 2014; VILLANUEVA-LÓPEZ *et al.*, 2014).

Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) pertenecen al grupo de artrópodos de suelo más estudiados por sus altos valores de diversidad y su rol ecológico en el funcionamiento de los ecosistemas (NICHOLS *et al.*, 2008). En los sistemas productivos que incluyan la ganadería, los escarabajos

estercoleros se alimentan del estiércol vacuno el cual manipulan y en algunos casos entierran (SIMMONS and RIDSDILL-SMITH, 2011). Durante esta manipulación y posterior entierro, promueven diferentes funciones ecológicas tales como el ciclaje de nutrientes y materia orgánica, la aireación del suelo, la dispersión secundaria de semillas y la supresión indirecta de parásitos (NICHOLS *et al.*, 2008; BARDGETT and WARDLE, 2010). Estas funciones ecológicas se traducen en valiosos servicios ecosistémicos como la incorporación de nutrientes al suelo, el control de parásitos perjudiciales al ganado, mayor producción de pasturas y el almacenamiento de carbono en suelo (AARONS *et al.*, 2004; DE DEYN and VAN DER PUTTEN, 2005).

Estudios previos en Latinoamérica han demostrado que las comunidades de escarabajos estercoleros disminuyen su riqueza y biomasa como consecuencia de cambios en el uso del suelo (ALMEIDA *et al.*, 2011; AUDINO *et al.*, 2014); particularmente por la pérdida del dosel arbóreo que modifica las propiedades microclimáticas del suelo (BARRAGÁN *et al.*, 2011; ARELLANO *et al.*, 2013; GÓMEZ-CIFUENTES *et al.*, 2020). En el norte-centro de la provincia de Misiones se han desarrollado diferentes estudios en bosques primarios y secundarios, así como en diferentes sistemas productivos que incluyen la ganadería, con el objetivo de analizar los efectos sobre la diversidad taxonómica y funcional y las respuestas fisiológicas de los escarabajos ante estos cambios en el ambiente (GÓMEZ-CIFUENTES *et al.*, 2019; GUERRA-ALONSO *et al.*, 2020, 2022). Sin embargo, no existen trabajos previos que evalúen el rol de los estercoleros en la producción de pasturas. En base a lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar la influencia de dos sistemas productivos con ganadería (a cielo abierto y silvopastoril) y de la actividad de los escarabajos estercoleros sobre la biomasa seca de pasturas y el ciclaje de nutrientes del suelo en el norte de Misiones. Además, se espera que la mayor actividad de estercoleros en sistemas silvopastoriles resulte en un incremento en la dotación

de nutrientes del suelo y la productividad de pasturas en relación con los sistemas a cielo abierto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este proyecto se llevó a cabo en dos propiedades rurales ubicadas en la Colonia Esperanza Centro, al norte de la provincia de Misiones (26°01'26.3" S, 54°34'14.6" O y 26°00'31.7" S, 54°28'44.8" O). En general, la región presenta un clima cálido con temperaturas promedio superiores a 20 °C y un promedio anual de precipitaciones de 2000 mm (OLIVEIRA-FILHO and FONTES, 2000). Además, hay una gran heterogeneidad en los usos del suelo, dentro de los cuales se destacan las plantaciones forestales a pequeña escala (*Pinus taeda*), los cultivos anuales (maíz y tabaco), sistemas de producción con ganadería y cultivos perennes (plantaciones de yerba mate, *Ilex paraguariensis*) (IZQUIERDO *et al.*, 2008). En este proyecto se estudiaron los dos sistemas productivos con ganadería más representativos de la región: (i) a cielo abierto con baja o nula cobertura de árboles y una alta dominancia de pastos exóticos implantados y (ii) silvopastoriles con árboles de pino (*Pinus elliottii* Var. *elliottii* Engelm x *Pinus caribaea* Var. *hondurensis* Morelet) de entre 10 a 15 años de plantados asociados con pasturas implantadas. En ambos sistemas se seleccionaron áreas de pastoreo con presencia de la especie forrajera *Brachiaria brizantha* y en lo que respecta al ganado vacuno se seleccionaron sitios donde se realiza un manejo rotativo del pastoreo. Se eligieron dos sitios (réplicas) por cada sistema de producción ganadero separados por al menos 1 km entre ellos; por otro lado, las propiedades rurales seleccionadas estuvieron separadas entre sí por 17 km aproximadamente.

Diseño experimental

Se realizaron los relevamientos desde diciembre 2019 a julio 2020 (2 sitios de estudio x 2 sistemas productivos con ganadería x 2 corrales de madera x 2 tratamientos experimentales = 16 experimentos) (Figura 1). El diseño experimental se realizó en tres fases: (i) manipulación y degradación de la materia orgánica, (ii) crecimiento de las pasturas y ciclaje de nutrientes en el suelo y (iii) evaluación de la productividad.

En la primera fase (diciembre 2019), se instalaron dos corrales de madera de 1,5x1,5 m en cada sitio de estudio para evitar el acceso de las vacas a los experimentos, los cuales estuvieron separados entre sí por al menos 200 m; luego, dentro de cada corral se establecieron dos parcelas de 1x1 m y en cada una se colocaron tres porciones de 500 g de excremento fresco

de vaca una única vez, tratando de simular lo mejor posible la distribución de deyecciones en condiciones naturales (Figura 1). El excremento de vaca se obtuvo a partir de deposiciones de distintos animales ubicadas en una de las localidades de estudio. En cada parcela fueron asignados al azar alguno de los siguientes tratamientos: (i) con una malla mosquitera fina y metalizada, sostenida por una jaula de metal de 80x80 cm, enterrada unos 3 cm en el suelo para evitar la entrada de escarabajos estercoleros (CON EXCLUSIÓN-CE), y (ii) sin malla mosquitera, ni jaula de metal para permitir que los escarabajos estercoleros manipulen el excremento (SIN EXCLUSIÓN-SE) (Figura 1).

En la segunda fase (marzo 2020), se quitaron las exclusiones, se removieron los remanentes de excremento y se cortó la pastura presente para homogeneizar las condiciones entre tratamientos. El corte de las pasturas se realizó en este momento del año porque las condiciones climáticas y las precipitaciones son las ideales para promover su crecimiento (INTA 2014); además, las pasturas cortadas quedaron a una altura aproximada de 15-20 cm para simular el corte final deseado una vez que pastorean los animales (UNDERSANDER *et al.*, 2002). Vale la pena aclarar que inicialmente se pretendía calcular el crecimiento de la pastura mes a mes en cada tratamiento, desafortunadamente no fue posible realizar esta actividad por la crisis sanitaria del COVID 19.

En la tercera fase (julio 2020), se evaluó la productividad entre sistemas de producción ganaderos y tratamientos. Por un lado, se cosechó la pastura en los dos tratamientos; luego, la pastura cosechada se llevó a peso seco en estufa a 60°C durante 48 horas y se cuantificó la biomasa seca de las pasturas (en gramos) en una balanza digital (Sartorius: modelo LC620D) con una resolución de 0.001 mg. Por otro lado, se tomaron muestras de suelo en cada tratamiento (CE y SE), más una muestra testigo sin excremento ni escarabajos (TESTIGO-T). En total se extrajeron 24 muestras (3 tratamientos x 4 réplicas x 2 sistemas de manejo ganadero = 24 muestras en total) por medio de un barreno de suelos (5 cm de diámetro) introducido hasta los 10 cm de profundidad. En cada muestra se determinó: C (%), N (%), Relación C/N, P (ppm), K (meq/100g), Ca (meq/100g), Mg (meq/100g), Na (meq/100g), y pH del Agua (1:2.5). Las muestras de pasturas fueron procesadas en el Instituto de Biología Subtropical (IBS, UNaM-CONICET) en Puerto Iguazú, Misiones; mientras que las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Cerro Azul, Misiones.

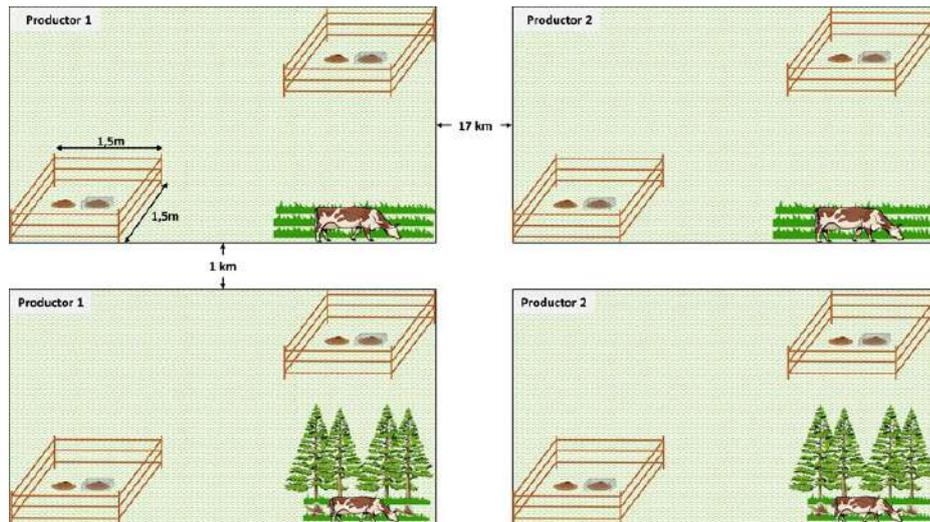


Figura 1. Diseño experimental para evaluar la influencia de dos sistemas productivos con ganadería (a cielo abierto y silvopastoral) y de la actividad de los escarabajos estercoleros sobre la biomasa seca de pasturas y el ciclaje de nutrientes del suelo en el norte de Misiones. El excremento con el recuadro gris es el tratamiento con exclusión-CE, mientras que el excremento sin el recuadro gris es el tratamiento sin exclusión-SE.

Figure 1. Experimental design to evaluate the influence of two livestock production systems (open and silvopastoral) and dung beetle activity on pasture dry biomass and soil nutrient cycling in northern Misiones. The dung with the gray box is the treatment with exclusion-CE, while the dung without the gray box is the treatment without exclusion-SE.

Análisis de datos

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software libre R (R Core Team 2022). En todos los casos se pusieron a prueba los supuestos de normalidad y de homocedasticidad utilizando las funciones `shapiro.test` y `bartlett.test` del paquete `stats` (R Core Team 2022). Para comparar los cambios en la producción de biomasa de las pasturas y en las propiedades químicas del suelo entre sistemas productivos ganaderos (a cielo abierto y silvopastoral) y los tratamientos de exclusión de estercoleros (CE y SE; y T solo para el análisis de las propiedades químicas del suelo), se realizaron modelos lineales mixtos ajustados por la máxima verosimilitud restringida (LMER) y modelos lineales mixtos generalizados ajustados por la máxima verosimilitud (GLMER), utilizando las funciones `lmer` y `glmer` del paquete `lme4` (BATES *et al.*, 2015). En cada modelo se definieron dos efectos fijos (sistema ganadero y tratamiento experimental) y un efecto aleatorio (sitios por tratamiento, llamado Bloque). En relación con los GLMER, en todos los casos se utilizó la distribución Gamma (`link = "identity"` y `"log"`). Además, se realizaron análisis factoriales tipo "III" mediante la prueba de Chi cuadrado utilizando la función ANOVA del paquete `car` (FOX and WEISBERG, 2019) y comparaciones posthoc mediante la prueba de Tukey utilizando la función `glht` del paquete `multcomp` (HOTHORN *et al.*, 2008).

RESULTADOS

Producción de biomasa

Se observó que el sistema ganadero (a cielo abierto y silvopastoral) tuvo una marcada influencia sobre la producción de biomasa de las pasturas ($\chi^2=5.93$; $p=0.01$), mientras que la exclusión de estercoleros no la tuvo ($\chi^2=0.83$; $p=0.36$). La producción de materia seca fue mayor en las pasturas a cielo abierto en comparación con los sistemas silvopastoriles ($Z=-2.43$; $p=0.02$) (Figura 2A).

Evaluación de los nutrientes del suelo

Se observó mayores contenidos de fósforo (P) y, marginalmente de carbono (C), en los sistemas a cielo abierto en comparación con los sistemas silvopastoriles ($Z=-3.76$; $p<0.01$) (Tabla 1). En relación con el magnesio (Mg), se observaron mayores contenidos en T y menores en SE, siendo CE una situación intermedia (Tabla 2). Por otro lado, se observaron diferencias marginales que sugieren mayores contenidos de potasio (K) en T y CE en comparación con SE ($Z=-2.43$; $p=0.04$) (Tabla 2); además, también sugieren mayores contenidos de sodio (Na) en SE en relación con CE y T (Tabla 2).

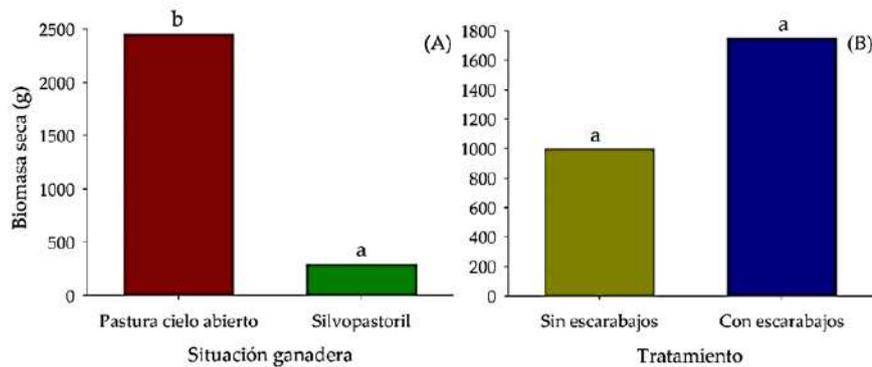


Figura 2. Biomasa seca de pastos cosechados entre diferentes sistemas productivos con ganadería (A) y los tratamientos con y sin exclusión de estercoleros (B). ANOVA Tipo III (prueba de Wald chisquare). Letras distintas indican diferencias significativas (prueba de Tukey).

Figure 2. Dry biomass of harvested grasses between different livestock management systems (A) and treatments with and without exclusion of dung beetles (B). ANOVA Type III (Wald chisquare test). Different letters indicate significant differences (Tukey's test).

Tabla 1. Cambios en los nutrientes del suelo para cada sistema de producción ganadero. Letras distintas implican diferencias significativas en las comparaciones posthoc (prueba de Tukey). Table 1. Changes in soil nutrients for each livestock management. Different letters imply significant differences in post-hoc comparisons (Tukey's test).

Nutriente	Testigo	Sin escarabajos	Con escarabajos
C (%) LMER	1.92 a	1.87 a	1.82 a
N (%) GLMER	0.22 a	0.24 a	0.21 a
Relación C/N LMER	11.47 a	10.90 a	11.78 a
P (ppm) LMER	2.99 a	2.85 a	2.53 a
K interc. (meq/100g) GLMER	1.03 a!	0.98 a!	0.71 a!
Ca interc. (meq/100g) LMER	6.09 a	6.16 a	6.16 a
Mg interc. (meq/100g) LMER	2.22 b	2.00 a,b	1.57 a
Na interc. (meq/100g) LMER	0.04 a!	0.03 a!	0.06 a!
pH H2O (1:2.5) LMER	5.29 a	5.24 a	5.24 a

LMER = Modelo lineal de efectos mixtos ajustado por la máxima verosimilitud
 GLMER = Modelo lineal generalizado de efectos mixtos ajustado por la máxima verosimilitud
 Diferencias marginales (p=0.07)

Tabla 2. Cambios en los nutrientes del suelo para cada tratamiento experimental. Letras distintas implican diferencias significativas en las comparaciones posthoc (prueba de Tukey). Table 2. Changes in soil nutrients for each experimental treatment. Different letters imply significant differences in post-hoc comparisons (Tukey's test).

Nutriente	Testigo	Sin escarabajos	Con escarabajos
C (%) LMER	1.92 a	1.87 a	1.82 a
N (%) GLMER	0.22 a	0.24 a	0.21 a
Relación C/N LMER	11.47 a	10.90 a	11.78 a
P (ppm) LMER	2.99 a	2.85 a	2.53 a

Continuación tabla 2

Nutriente	Testigo	Sin escarabajos	Con escarabajos
K interc. (meq/100g) GLMER	1.03 a!	0.98 a!	0.71 a!
Ca interc. (meq/100g) LMER	6.09 a	6.16 a	6.16 a
Mg interc. (meq/100g) LMER	2.22 b	2.00 a,b	1.57 a
Na interc. (meq/100g) LMER	0.04 a!	0.03 a!	0.06 a!
pH H2O (1:2.5) LMER	5.29 a	5.24 a	5.24 a

LMER = Modelo lineal de efectos mixtos ajustado por la máxima verosimilitud

GLMER = Modelo lineal generalizado de efectos mixtos ajustado por la máxima verosimilitud

! Diferencias marginales (p=0.07)

DISCUSIÓN

El rol del sistema productivo

En las condiciones de este experimento, el crecimiento de las pasturas fue mayor en el sistema a cielo abierto al compararlos con el sistema silvopastoril. Estos resultados son opuestos a la esperado y a lo encontrado en ensayos a campo donde la oferta de *B. brizantha* ha demostrado ser una especie tolerante a la sombra (ZELADA and IBRAHIM, 1997). Una posible explicación de los resultados es que la cobertura arbórea en los sistemas silvopastoriles estudiados haya superado un valor umbral de cobertura, reduciendo la llegada de luz al suelo y consecuentemente el crecimiento de la pastura; DIAZ (2003) observó algo similar en el Chaco árido argentino, en donde la producción media de forraje dejó de aumentar con valores de cobertura arbórea iguales o mayores al 40%. La sombra de los árboles regula algunas condiciones microclimáticas a nivel del suelo como la radiación solar, intensidad lumínica, temperatura, humedad relativa, entre otras, que pudieron afectar el crecimiento de *B. brizantha* en estos sistemas productivos con ganadería (NAHED *et al.*, 2014; ENGLAND *et al.*, 2020). Si bien en este estudio no se estimó el porcentaje de llegada de luz al suelo, las observaciones a campo indican que los rodales de estudio fueron en general maduros y con una densidad intermedia.

En relación con los nutrientes del suelo, se observó que el contenido de fósforo (P) en el sistema a cielo abierto fue mayor al compararlo con el silvopastoril; este resultado también podría estar asociado con el porcentaje de sombra que generan los árboles, ya que estudios previos han reportado menor conductividad eléctrica, bases intercambiables (Na y Mg) y nitrógeno (N) en sistemas con retención total o parcial de árboles al compararlos con pasturas abiertas (HANG *et al.*, 1995). Además, estos cambios podrían también estar asociados con la diversidad y composición de las especies vegetales utilizadas en el sistema silvopastoril (LIAO *et al.*, 2012). Según un

estudio reciente de GÓMEZ-CIFUENTES *et al.*, (2020) en el norte de Misiones, en sistemas productivos ganaderos con árboles nativos se han observado mayores contenidos de nutrientes y carbono en suelo al compararlos con sistemas silvopastoriles con árboles de pino; debido al incremento de la hojarasca, raíces y tallos en el suelo. Además, ZANINOVICH *et al.*, (2016) demostraron que la descomposición de la materia orgánica del pino es muy lenta en relación con los detritos de especies nativas, produciendo una acumulación de las acículas del pino. Es decir, que la incorporación de árboles nativos en los sistemas silvopastoriles con pino podría mejorar los niveles de nutrientes en el suelo y la productividad forrajera.

El rol de los escarabajos estercoleros

Si bien las diferencias observadas entre tratamientos no fueron significativas, se observó una tendencia que muestra una mayor producción de pasturas en el tratamiento donde se permitió el acceso de los estercoleros. Tampoco se observó una mejora asociada a la actividad de los estercoleros en los nutrientes del suelo evaluados, contrario a lo observado en otros estudios (NICHOLS *et al.*, 2008; MALDONADO *et al.*, 2019). Esto podría deberse a que, al final del experimento (180 días), todos los nutrientes extras incorporados por los escarabajos quizás fueron utilizados por las pasturas (BANG *et al.*, 2005; BADENHORST *et al.*, 2018). Además, es probable que el efecto en el suelo se haya diluido en este tiempo, ya que solo colocamos un volumen fijo de heces al inicio del experimento (SLADE *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

La biomasa seca de pasturas y el contenido de fósforo fue mayor en los sistemas productivos ganaderos con un manejo a cielo abierto, en comparación con los sistemas silvopastoriles. Por otro lado, si bien se observó una tendencia a una mayor producción de pasturas por la actividad de los escarabajos estercoleros, no pudo ser estadísticamente

comprobada; por lo tanto, serán necesarios nuevos estudios que consideren otros plazos de tiempo y la incorporación sucesiva de heces de ganado, para poder cuantificar el rol de estos organismos en el ciclado de nutrientes y la productividad de pasturas. Así mismo, otros estudios comparando estos dos sistemas productivos ganaderos serán necesarios para determinar las ventajas y desventajas de los sistemas a cielo abierto y los silvopastoriles con árboles de pinos, teniendo en cuenta la potencialidad de las posibles prácticas de manejo que permitan mejorar la sustentabilidad ganadera.

AGRADECIMIENTOS

A los productores por permitirnos desarrollar nuestras actividades de campo en sus predios. A todos quienes colaboraron en las tareas de campo. Al CONICET por financiar este proyecto y a la Beca de Estímulo a la Vocación Científica del Consejo Interuniversitario Nacional por incentivar a la tarea de investigación en el ámbito universitario.

BIBLIOGRAFÍA

- AARONS, S.; O'Connor, C.; Gourley, C. (2004). Dung decomposition in temperate dairy pastures I. Changes in soil chemical properties. *Aust J Soil Res* 42:107–114. <https://doi.org/10.1071/SR03008>.
- ALMEIDA, S.; Louzada, J.; Sperber, C.; Barlow, J. (2011). Subtle land-use change and tropical biodiversity: dung beetle communities in Cerrado grasslands and exotic pastures. *Biotropica* 43:704–710. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00751.x>.
- ARELLANO, L.; León-Cortés, J.; Halffter, G.; Montero, J. (2013). Acacia woodlots, cattle and dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in a Mexican silvopastoral landscape. *Rev Mex Biodiver*. 84: 650–660. <https://doi.org/10.7550/rmb.32911>.
- AUDINO, L.; Louzada, J.; Comita, L. (2014). Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success: is it possible to recover species and functional diversity? *Biol Conserv* 169:248–257. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.023>.
- BARDGETT, R.; Wardle, D. (2010). Aboveground-belowground linkages: biotic interactions, ecosystem processes, and global change. Oxford series in ecology and evolution. Oxford university press. Oxford, UK. ISBN: 9780199546886.
- BARRAGÁN, F.; Moreno, C.; Escobar, F.; Halffter, G.; Navarrete, D. (2011). Negative impacts of human land use on dung beetle functional diversity. *PLoS One* 6:e17976. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017976>.
- BATES, D.; Mächler, M.; Bolker, B.; Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models Using lme4. *J Stat Softw* 67. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>.
- DE DEYN, G.; Van der Putten, W. H. (2005). Linking aboveground and belowground diversity. *Trends Ecol Evol* 20:625–633. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.08.009>.
- DÍAZ, R. (2003). Efectos de diferentes niveles de cobertura arbórea sobre la producción acumulada, digestibilidad y composición botánica del pastizal natural del Chaco Árido (Argentina). *Agriscientia* 20:61–68. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2832/2714>.
- ENGLAND, J.; O'Grady, A.; Fleming, A.; Marais, Z.; Mendham, D. (2020). Trees on farms to support natural capital: an evidence-based review for grazed dairy systems. *Sci Total Environ* 704:135345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135345>.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma, Italia. ISBN: 9789253092086.
- FOX, J.; Weisberg, S. (2019). An R Companion to Applied Regression, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.
- GÓMEZ-CIFUENTES, A.; Vespa, N.; Semmartín, M.; Zurita, G. (2020). Canopy cover is a key factor to preserve the ecological functions of dung beetles in the southern Atlantic Forest. *Appl Soil Ecol* 154:103652. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103652>.
- GÓMEZ-CIFUENTES, A.; Giménez V.; Moreno, C.; Zurita, G. (2019). Tree retention in cattle ranching systems partially preserves dung beetle diversity and functional groups in the semideciduous Atlantic forest: The role of microclimate and soil conditions. *Appl Ecol* 34:64–74. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.10.002>.
- GUERRA-ALONSO, C.; Zurita, G.; Bellocq, M. (2022). Livestock grazing impact differently on the functional diversity of dung beetles depending on the

regional context in subtropical forests. *Sci rep* 12:1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05616-x>.

GUERRA-ALONSO, C.; Zurita, G.; Bellocq, M. (2020). Dung beetles response to livestock management in three different regional contexts. *Sci rep* 10:1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60575-5>.

HANG, S.; Mazzarino, M.; Núñez, G.; Oliva, L. (1995). Influencia del desmonte selectivo sobre la disponibilidad de nitrógeno en años húmedos y secos en sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido Argentino. *Agroforestería en las Américas* 2:9-14. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6405>.

HOTHORN, T.; Bretz, F.; Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biom J* 50:346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>.

HUERTA, C.; Cruz, R.; Escobar, F.; Arellano, L. (2016). ¿Qué se entiende por Ganadería Sustentable? Pp. 21-29 en Huerta C. and R. Cruz (Comp.) 2016. *Hacia una ganadería sustentable y amigable con la biodiversidad. Estudio de caso: Xico, Veracruz. Instituto de Ecología, AC. Xalapa, Veracruz, México. ISBN: 9786077579595*.

IZAGUIRRE-FLORES, F.; Martínez-Tinajero, J. (2008). El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Revista Tecnología En Marcha* 21:28–40.

IZQUIERDO, A.; De Angelo, C.; Aide, T. (2008). Thirty Years of Human Demography and Land-Use Change in the Atlantic Forest of Misiones, Argentina: an Evaluation of the Forest Transition Model. *Ecol* 13. <https://doi.org/10.5751/ES-02377-130203>.

LIAO, C.; Luo, Y.; Fang, C.; Chen, J.; Li, B. (2012). The effects of plantation practice on soil properties based on the comparison between natural and planted forests: a meta-analysis. *Glob Ecol Biogeogr* 21:318-327. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00690.x>.

MALDONADO, M.; Aranibar, J.; Serrano, A.; Chacoff, N.; Vázquez, D. (2019). Dung beetles and nutrient cycling in a dryland environment. *CATENA* 179:66-73. <https://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2019.03.035>.

MAGYP - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2022). Última consulta: 24/06/2023. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informacion_interes/informes/index.php.

MURGUEITIO, E.; Calle, Z.; Uribe, F.; Calle, A.; Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *For Ecol Manag* 261:1654-1663. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>.

NAHED, J.; Palma, J.; González, E. (2014). La adaptación como atributo esencial en el fomento de sistemas agropecuarios resilientes ante las perturbaciones. *Av Investig Agropecu* 18:7-34. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2014/sept/1.pdf>.

NICHOLS, E.; Spector, S.; Louzada, J.; Larsen, T.; Amezcuita, S.; et al. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biol* 141:1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>.

OLIVEIRA-FILHO, A.; Fontes, M. (2000). Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. *Biotropica* 32:793-810. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00619.x>.

R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.

SIMMONS, L.; Ridsdill-Smith, T. (2011). Reproductive competition and its impact on the evolution and ecology of dung beetles. Pp. 1-20 in Simmons, L. W., and T. J. Ridsdill-Smith (Eds.). 2011. *Ecology and evolution of dung beetles*. John Wiley & Sons Oxford, UK. <https://doi.org/10.1002/9781444342000>.

UNDERSANDER, D.; Albert, B.; Cosgrove, D.; Johnson, D.; Peterson, P. (2002). *Pastures for profit: A guide to rotational grazing*. Madison, WI, USA: Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension.

ZANINOVICH, S.; Fontana, J.; Gatti, M. (2016). Atlantic Forest replacement by non-native tree plantations: Comparing aboveground necromass between native forest and pine plantation ecosystems. *For Ecol Manag* 363:39-46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.022>.

ZELADA, E.; Ibrahim, M. (1997). PF 15. Shade tolerance of herbaceous forage species in humid tropic of Costa Rica. *Latin American Archives of Animal Production*, 5:42-4

REHABILITACIÓN DE BOSQUE NATIVO DEGRADADO CON *Peltophorum dubium* (IBIRÁ PITA GUAZÚ) Y REGENERACIÓN NATURAL DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS

REHABILITATION OF DEGRADED NATIVE FOREST WITH *Peltophorum dubium* (IBIRÁ PITA GUAZÚ) AND NATURAL REGENERATION OF NATIVE FOREST SPECIES

Fecha de recepción: 29/06/2023 // Fecha de aceptación: 11/11/2023

César Enrique Sirka

Mgter. Ing. Ftal.: Prof. Tit. F.R.N. Facultad de Recursos Naturales (U.Na.F.) - Avda. Gdor. Gutnisky 3.200. (3.600) Formosa-Argentina. e-mail: cesirka@yahoo.com.ar

Ricardo Cristóbal Oviedo

Ing. Ftal.: Prof. Adjunto F.R.N. Facultad de Recursos Naturales (U.Na.F.) - Avda. Gdor. Gutnisky 3.200. (3.600) Formosa-Argentina. e-mail: ricardocoviedo@hotmail.com

RESUMEN

El trabajo analiza el crecimiento y desarrollo del *Peltophorum dubium* Spreng (Ibirá pita guazú), en fajas de dos, tres, cuatro y cinco metros de ancho y 100 de longitud, en bosque nativo degradado y la regeneración natural de especies forestales en el sureste de Formosa, región oriental del parque chaqueño. Los resultados indican mayores diámetros en fajas de cuatro y cinco metros: (3,60cm y 3,72cm) y las alturas de fuste y total de: (2,64m y 4,33m) y (2,56 y 4,21 m) respectivamente. La sobrevivencia fue superior en fajas de cuatro metros con 80% y 73% en las de cinco. Se observa individuos de mejor calidad y sanidad en fajas de cuatro y cinco metros. La regeneración natural relativa en las fajas evidenció mayor abundancias y dominancia de especies de bajo valor comercial, como *Myrcianthes pungens*, *Cestrum parqui*, *Trichilia catigua* y *Holocalyx balansae* sobre las de interés comercial, dentro de estas últimas predomina: *Diplokeleba floribunda*, *Phyllostylon rahmnoides* y *Aspidosperma Quebracho blanco*. Se concluye que las fajas de cuatro y cinco metros de ancho son las más conveniente para rehabilitar bosque degradado, además permite acortar el tiempo y costos asociados de los cuidados culturales post plantación.

Palabras
Regeneración,
enriquecimiento, fajas

SUMMARY

The work analyzes the growth and development of *Peltophorum dubium* Spreng (Ibirá pita guazú), in strips of two, three, four and five meters wide and 100 meters long, in degraded native forest and the natural regeneration of forest species in the southeast of Formosa, eastern region of the Chaco park. The results indicate larger diameters in strips of four and five meters: (3.60cm, 3.72cm) and the shaft and total heights of: (2.64m and 4.33m) and (2.56 and 4.21 m) respectively. Survival was higher in strips of four meters with 80% and 73% in those of five. Individuals of better quality and health are observed in strips of four and five meters. The relative natural regeneration in the strips showed greater abundance and dominance of species of low commercial value, such as *Myrcianthes pungens*, *Cestrum parqui*, *Trichilia catigua* and *Holocalyx balansae* over those of commercial interest, the latter group included: *Diplokeleba floribunda*, *Phyllostylon rahmnoides* and *Aspidosperma White quebracho*. In conclusion, the study suggests that four and five-meter-wide strips are the most suitable for rehabilitating degraded forests, offering the advantage of reducing the time and associated costs of post-planting cultural care.

Key Words: Regeneration, growth, enrichment, girdles

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los bosques nativos de la provincia de Formosa, se efectuó con normas como el diámetro mínimo de corta, lo que ha generado progresivo deterioro y empobrecimiento del recurso, dejándolos con escasa posibilidad de recuperación y vulnerables a otros cambios de uso del suelo.

Este proceso de degradación, origina la desaparición de especies de valor comercial y ausencia en ciertas clases diamétricas en la estructura del bosque, posibilitando el establecimiento de especies pioneras de escaso valor comercial, que se posiciona del lugar (SIRKA y OVIEDO; 2016).

En la zona de estudio, ubicada al sureste de Formosa, la dinámica del uso del suelo, comienza con la explotación de los bosques nativos, seguidos por la transformación de estos, en agricultura, que se ha intensificado en los últimos años con el advenimiento de la soja, originando fragmentaciones y empobrecimiento de los ecosistemas forestales (PÉREZ *et al.*, 2011).

Entre las alternativas para la rehabilitación o recuperación de bosques nativos degradados, se encuentra el método de enriquecimiento en fajas, con especies de rápido crecimiento y valor comercial, acompañada con la conducción de regeneración natural, que podría constituirse en un método adecuado para pequeñas superficies, originando impacto social, económico y ambiental muy positivo (SIRKA y OVIEDO 2017).

En la zona de influencia del estudio ubicado en la región oriental del parque chaqueño en la provincia de Formosa, el 60% de la superficie boscosa, es susceptible de cambio de uso del suelo de acuerdo al programa de ordenamiento territorial (POT-FOR) (Ley N° 1552), por lo que los bosques que se dejen en pie deben ser manejados con criterios sustentable, para garantizar su permanencia.

Algunos bosques nativos tienen la capacidad de recuperarse, pero en ocasiones las especies que se posicionan del lugar son maleza y especies forestales pioneras de escaso valor comercial cuyo control resulta costoso, encontrándose entre dos fuerzas contradictorias, el deseo de intervenir con el menor grado el ecosistema y obtener mejor productividad del bosque y evitar su desaparición (LOZADA *et al.*, 2003).

La recuperación de ecosistemas forestales degradados se puede realizar a través de estrategias diversificadas, pero para un empleo eficiente, esta debe estar adaptadas al tipo de degradación existente, al contexto económico, social y ambiental (MONTAGNINI y EIBL 1998).

Los bosques de la región del parque chaqueño generan más del 90 % de la madera, leña y carbón que se produce en toda la Argentina. Lo que evidencia una alta y permanente presión sobre el recurso, sumado a

esto la creciente expansión de la frontera agrícola, generan la degradación y desaparición de miles de hectáreas de bosque, que requieren de manejos (BRASSIOLO y ABT 2011).

Si el manejo consiste en enriquecer un bosque, esta constituye una inversión a largo plazo, con costos que dependerán del método usado y densidad de plantación, por otra parte, la cantidad mínima de árboles futuros por hectárea (a partir de 5 cm de diámetro), para aprovechar bien el potencial de regeneración debe ser de 80 a 100 árboles para el chaco húmedo (BRASSIOLO y GRULKE. 2015).

El enriquecimiento constituye una opción para los casos en que la regeneración natural es insuficiente o cuando el bosque remanente no justifica un aprovechamiento a corto o mediano plazo además se debe efectuar la conducción de la regeneración natural del sitio, acciones que permitirá la sustentabilidad de familia rural tipo, en una superficie de 100 hectáreas de bosques (PÉREZ *et al.*, 2011).

En Formosa, experiencias de enriquecimiento previas con *Melia azedarach var. Gigantea* (Paraíso gigante) y con *Tipuana Tipu* Benth (Tipa blanca) permitieron duplicar o triplicar la productividad del bosque, convirtiéndose en una opción de manejo para la recuperación de bosques degradados (VALENTINI y SCHAEFFER 1978).

Trabajos recientes realizados con *P. dubium*, *Pterogyne nitens* Tul, *Gleditsia. Amorphoides*, *Cordia americana* L., en fajas de seis metros de ancho y 100 de longitud, han demostrado buen crecimiento, logrando duplicar la productividad del bosque (SIRKA y OVIEDO 2016). Por otra parte, especie como *T. tipu* y *M. azedarach* en fajas y claros dentro del bosque, han demostrado buena adaptabilidad con turno de aprovechamiento de 20 a 25 años (SIRKA y OVIEDO 2016 y 2017).

El objetivo del trabajo fue determinar el crecimiento y desarrollo de *P. dubium* en fajas de enriquecimiento de diferentes anchos en un bosque degradado y evaluar la regeneración natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental del Instituto de Silvicultura, dependiente de la F.R.N.- (U.Na.F.), ubicado en Villa Dos Trece, Formosa, Argentina, Según la clasificación de Koppen, (MC KNIGHT *et al.* 2000) Formosa tiene en su porción oriental, clima subtropical sin estación seca (veranos muy calurosos) con temperaturas en los meses más fríos de entre 0°C y 18°C, y en los meses más cálidos temperaturas que promedian más de 25°C. Las máximas precipitaciones oscilan entre los 1000 y 1200 mm, el viento norte es otro de los rasgos distintivos de la zona, es cálido y húmedo (Figura 1).



Figura 1: Mapa climático de Formosa fuente: <https://www.formosa.gob.ar/miprovincia/aspectos generales/>
 Figure 1: Climate map of Formosa source: <https://www.formosa.gob.ar/miprovincia/aspectosgeneral>.

Diseño experimental:

Se seleccionó dos hectáreas de bosque degradado, que fueron subdivididas en cuatro parcelas de 0,50 has., en cada una de ellas se efectuó apertura de fajas de dos, tres, cuatro y cinco metros de ancho por 100 de longitud, con orientación este-oeste, instalándose, en el año 2015, una hilera de plantas a 2,50 m unas de otras, con plantines de 40 cm de altura.

Las variables medidas y evaluados fueron: Diámetro altura del pecho (DAP), altura fuste libre de rama (HF), altura total (HT), sobrevivencia, calidad de plantas, (Incrementos medio anual en DAP; HF y HT) y regeneración natural de especies forestales en las fajas.

El incremento medio anual (IMA- HT, IMA-HF e IMA-DAP) fue definida como la diferencia entre los valores obtenidos en el año de medición (2022), dividido por los siete periodos vegetativos cuyas formulas son:

$$\text{IMA DAP} = \text{DAP}_{(2022)} / 7; \text{ IMA HF} = \text{HF}_{(2022)} / 7 \text{ y IMA HT} = \text{HT}_{(2022)} / 7$$

Para evaluar la regeneración natural en la categoría brinzal de 0,3m a 1,5 m de altura, en cada faja se instalaron dos parcelas de (2m x 2m), seis por ancho, que surgió de la combinación de metodología implementada por (MONTAGNINI *et al.*, 1997) y por la JICA, (1.996). Las variables registradas fueron: Abundancia relativa, como el porcentaje de participación de una determinada especie sobre el total de regeneración en cada faja. La frecuencia como el número de parcela en que aparece regeneración de una determinada especie. Además, se determinó índices de dominancia de Simpson y Shannon-Wiener con programa estadístico Past.

Para determinar el porcentaje de sobrevivencia en cada faja, se dividió el número total de ejemplares de *P. dubium* implantados, sobre número de plantas existentes al momento de medición multiplicado por 100.

Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	L o n g i t u d 1 0 0 m
Tres Fajas 4 m	Tres Fajas 5 m	Tres Fajas 2 m	Tres Fajas 3 m	
Longitud total 200 m				O E

Figura 2: Diseño de distribución de los anchos de fajas en el bosque degradado
 Figure 2: Design of Strip width distribution in the degraded forest

Antecedentes de la plantación:

La apertura de fajas, se realizó en forma manual, eliminándose la cubierta herbácea y arbustiva, el arrastre de madera en las fajas, se efectuó manualmente previo seccionado de las rozas, hasta los caminos ubicados en ambos márgenes del ensayo. El control de cubierta herbácea se realizó con motoguadaña, tres veces al año durante los tres primeros años, cuando las hierbas superaban altura del plantín instalado, al tercer año se realizó podas laterales de liberación.

Recolección de datos.

Se realizó mediciones en el año 2022 de los siguientes parámetros: diámetro a 1,3 m de altura (DAP), altura fuste libre de ramas (HF) y altura total de plantas (HT), registrándose porcentaje de sobrevivencia, calidad fuste y sanidad de plantas, como también se evaluó la regeneración natural relativa de especies forestales.

Calidad de las plantas.

Son adecuaciones de (ÁLVAREZ y LARA 2008): Sanidad 1: plantas sin daño aparente; Sanidad 2: plantas hasta la mitad de la copa clorótica o dañada; Sanidad 3: plantas con más de la mitad de la copa clorótica o dañada y las categorías de forma de fuste se definieron: Forma 1: fuste recto y sin bifurcaciones, ápice bien diferenciado; Forma 2: con ápice seco o sin ápice dominante, doble flecha; Forma 3: bifurcaciones fuertes, más de tres ápices principales. Finalmente, las categorías de calidad se definieron en: *Calidad 1*: Sanidad y forma 1; *Calidad 2*: Sanidad o forma 2 y *Calidad 3*: Sanidad o forma 3.

Procesamiento y análisis de los datos.

Para identificar diferencias entre las variables medidas y observadas se utilizó análisis de varianza (ANOVA) y test de comparación posterior. Para evaluar la calidad de plantas se utilizó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Los análisis se realizaron para un nivel de significancia del 95%, utilizando el INFOSTAT versión libre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables Dasométricas y Epidométricas

Los mayores valores de diámetro promedio de *P. dubium* al séptimo año de instalado se registraron en las fajas de cinco y cuatro metros de ancho con (3,72cm y 3,60 cm), como también los de altura de fuste y altura total (2,56m, 2,64m y 4,21m y 4,33m) respectivamente, observándose en estos dos anchos, plantación más homogénea en relación a estos atributos. En la Tabla 1, figuran estas variables con sus correspondiente desvío estándar y en los Grafico 1 y 2 se consigan sus incrementos medios anual respectivos. Por otra parte, el porcentaje de ejemplares que superan los 5 cm de diámetro, representan 15% y 12% del total en fajas de cinco y cuatro metros de anchos, disminuyendo notablemente en fajas de tres e inexistentes en las de dos metros, valor a partir del cual se puede considerar completamente establecida las plantas (BRASSIOLO *et al.*, 2013).

Tabla 1: Diámetros, altura de fuste y total de *P. dubium* en fajas de dos a cinco metros de ancho.
Table 1: Diameters and heights of stem and total of *P. dubium* in strips of two to five meters' wide

Especie	Ancho Faja	Dap(cm) ± D.E.	HF(m) ± D.E.	HT(m) ± D.E.
<i>P. dubium</i>	2 m	2,16 ± 1,72	1,97 ± 0,65	2,88 ± 1,41
	3 m	3,07 ± 2,36	2,38 ± 0,78	3,87 ± 1,74
	4 m	3,60 ± 2,02	2,64 ± 0,70	4,33 ± 1,47
	5 m	3,72 ± 1,36	2,56 ± 0,82	4,21 ± 1,60

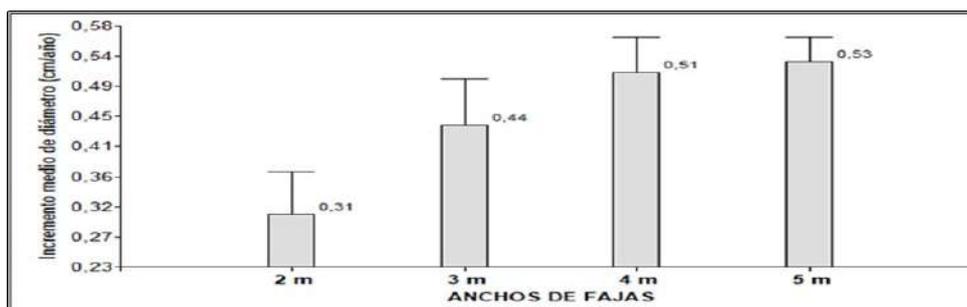


Gráfico: 1 Incrementos diamétricos (cm/año) de *P. dubium* en fajas con anchos de dos a cinco metros.
Graph: 1 Diametric increments (cm/year) of *P. dubium* in strips Ranging two to five metres in width.

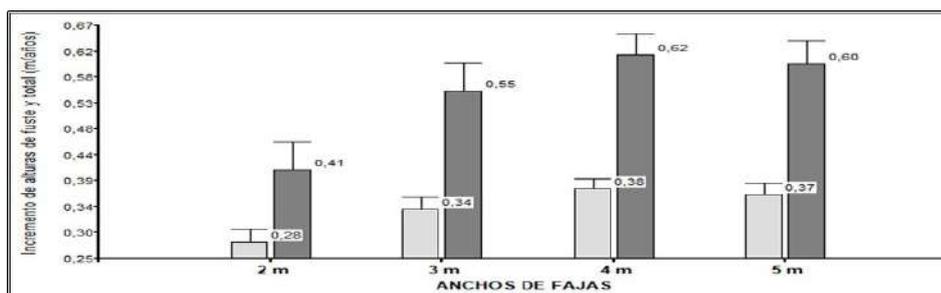


Gráfico: 2 Altura de fuste, altura total e incrementos en (m) de *P. dubium* en fajas de enriquecimiento
Graph: 2 Stem height, total height and increments in (m) of *P. dubium* in enrichment strips

El diámetro promedio de *P. dubium* fue superior en fajas de cinco metros en relación al resto, pero detectada como estadísticamente significativa solo en relación a ejemplares de las fajas de la de dos metros de ancho, tampoco ha sido detectada como significativa entre esta última y las fajas y las de tres y cuatro metros de ancho con ($p = 0,0450$). En relación a las alturas de fuste y altura total, los mayores valores han sido encontrados en ejemplares instalados en fajas de cuatro y cinco metros de ancho, detectadas como estadísticamente significativa en relación a las ubicadas en fajas de dos metros, no así en relación a la de tres metros con ($p = 0,0291$ y $0,0214$).

Los incrementos diamétricos mayores ocurrieron en fajas de cinco y cuatro metros con ($0,53\text{cm/año}$ y $0,51\text{cm/año}$), como también los incrementos de alturas de fuste y altura total fueron superiores en fajas de cuatro y cinco metros de ancho ($0,38\text{ m/año}$; $0,372\text{ m/año}$) y ($0,62\text{ m/año}$; $0,60\text{m/año}$) respectivamente.

Sobrevivencia

Al año de instalado el ensayo la sobrevivencia de *P. dubium* fue de 80 en fajas de cuatro y cinco metros y de 73% en las fajas de dos metros de ancho, al segundo año hubo una disminución de sobrevivencia del 15% en las fajas de dos metros a 9% en las de cuatro y cinco metros. Al año quinto la disminución de sobrevivencia fue de 32%, en fajas de dos metros a 17% en las fajas de cuatro y cinco metros, atribuibles fundamentalmente a la prolongada sequía, producida en ese periodo, sobre todo en aquellos ejemplares que no alcanzaron los dos metros de altura. Al séptimo año de instalado el ensayo la disminución de sobrevivencia fue de 41% en fajas de dos metros, 54% en la de tres y 62% en las de cuatro y cinco metros de ancho, no significativa con ($p = 0,1315$ de Kruskal-Wallis).

Calidad de plantas

Los ejemplares de *P. dubium* de calidad 1 se consignan en la (Figura 3) para las fajas de dos, tres cuatro y cinco metros respectivamente.

La cantidad de plantas con calidad 1 fue mayor en fajas de tres, cuatro y cinco metros de ancho en comparación con fajas de dos metros de ancho ($p=0,0430$). No se observaron diferencias entre las

cantidades de plantas con calidad 1 entre las fajas de tres, cuatro y cinco metros de ancho, ni en las otras calidades consideradas.

Regeneración Natural de especies forestales

Al primer año de efectuarse la apertura de fajas se observó la regeneración de especies de escaso valor comercial, que son consideradas pioneras, en detrimento de aquellas consideradas de importancia comercial, representando una abundancia relativa del 70%; sobresaliendo el *Myrcianthes pungens* (Catigua) (17%), *Cestrum parqui* (Duraznillo) (15%) y *Holocalyx balansae* (Alecrin)(14%), entre las de valor comercial la abundancia relativa fue de (9%) el *Diplokeleba floribunda* (Palo piedra), (7%)*Phyllostylon rahmnoides* (Palo lanza) y (6%) *Aspidosperma Quebracho blanco* (Quebracho blanco) y en menor proporción *Cordia americana* (Guayaibí) y *Handroanthus impetiginosus* (lapacho) con (4%) de abundancia.

Las especies forestales regeneradas con más frecuencia en las parcelas, corresponde a especies forestales de escaso valor comercial, como el Guayaibí, Catigua y Duraznillo. Dentro de las de valor comercial aparecen las de primer orden como *P. lanza*, *P. Piedra* y *Q. blanco* y de menor importancia el Guayaibí y el Lapacho.

La dominancia utilizando el índice de Simpson, indica una alta dominancia de especies de escaso valor comercial y baja a media diversidad en la regeneración en los diferentes anchos de fajas (Gráfico: 4).

El Índice de Shannon-Wiener varían de 2,39 a 2,69 en los cuatros anchos de fajas evaluados, indica valores intermedios de diversidad, presentándose como la de menor diversidad la faja de cinco metros de ancho. Además, denota que la distribución de individuos de especies regeneradas naturalmente no es homogénea, sino que existe predominio de una sobre otra (Gráfico: 5).

Los valores obtenidos en diámetros e incrementos diamétricos luego de siete años en nuestro estudio ($3,72\text{cm}$ y $0,53\text{ cm/año}$) son inferiores a los registrados luego de cinco años en la misma región, ($3,72\text{ cm}$ de DAP y $0,74\text{ cm/año}$ de incrementos, ZULLE *et al.*, 2015; $0,78\text{ cm/año}$, GÓMEZ y

CARDOZO, 2003) y a los registrados en bosque degradado de la selva misionera (0,74 cm DAP y de 0,77 m en altura total MONTAGNINI *et al.*, 1997).

La sobrevivencia al quinto año de instalado el ensayo fue próxima al 70 % en fajas de cuatro y cinco

metros de ancho, inferior al registrado en faja de seis metros, en la zona de estudio OVIEDO *et al.* (2007) con 80 % y coincidente con los valores registrados por (ZULLE *et al.* 2015), mayores a los de (EIBL y MONTAGNINI, 1998) al cuarto año con 54%.

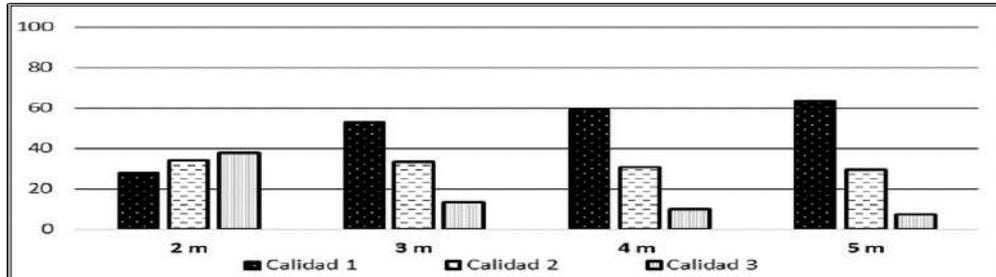


Gráfico 3: Calidad de plantas de *P. dubium* según ancho de fajas de enriquecimiento
Graph 3: Quality of *P. dubium* plants according to the width of enrichment strips

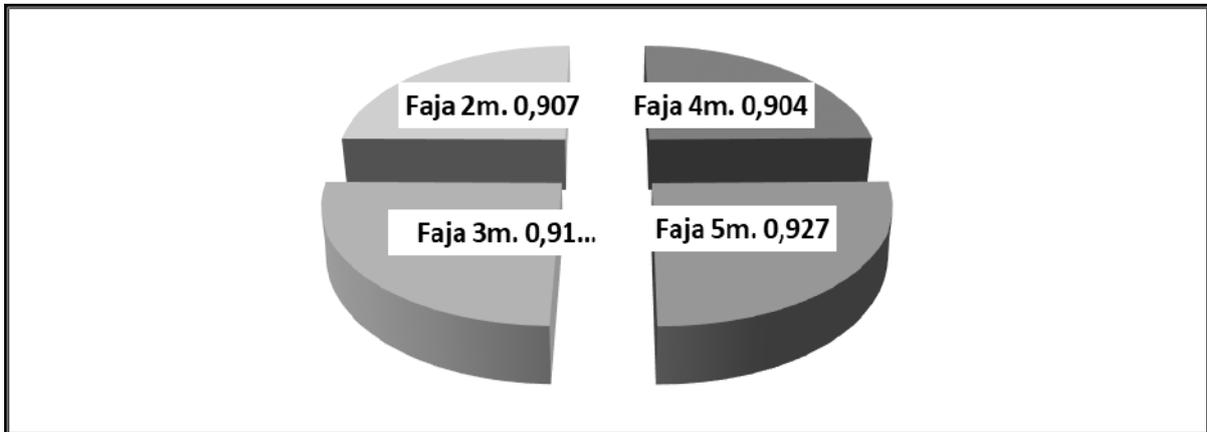


Gráfico 4 Índice de Simpson de regeneración natural en fajas de diferentes anchos
Graph: 4 Simpson's index of natural regeneration in strips of different widths

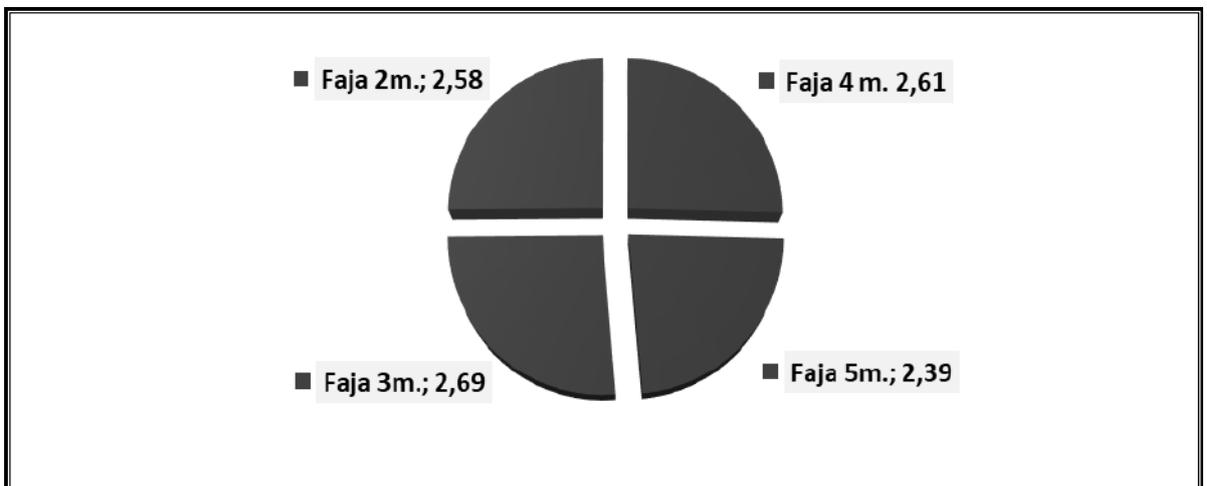


Gráfico 5: Índice de Shannon-Wiener de regeneración natural en fajas de 2 a 5 m de ancho
Graph 5: Shannon-Wiener's index of natural regeneration in strips 2 to 5 m wide

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los mayores valores obtenidos en diámetro, altura de fuste y altura total, como sus respectivos incrementos de plantas de *Peltophorum dubium*, en fajas de cinco y cuatro metros de ancho demuestran un buen comportamiento de la especie para este tipo de prácticas de rehabilitación de bosque degradado. Por otra parte también en estos anchos de fajas se localizan el mayor número de ejemplares con diámetros superiores a 5 cm de diámetro, considerado como planta establecidas.

La mayor sobrevivencia se registró en fajas de cinco y cuatro metros. En cuanto a calidad y sanidad los mejores ejemplares se localizan en las fajas de cuatro y cinco metros de ancho.

En relación a la regeneración natural relativa, se evidenció un predominio de especies de escaso valor que son pionera y cicatrizantes sobre aquellas consideradas de valor comercial en las diferentes fajas de enriquecimiento. Dentro de las últimas especies mencionadas, presentan buen potencial de regeneración el *P. rahmnoides*, *D. floribunda*, en las fajas de mayor ancho y *A. quebracho blanco* y *S. balansae* *P. rahmnoides* en las de menor ancho, c en menor proporción aparecen el *C. americana*, *C. tinctoria*, *A. heptaphylla* y *G. amorphoides*.

Es recomendable para bosque degradado explotado de la región oriental del parque chaqueño en Formosa, utilizar fajas de cuatro o cinco metros de ancho sobre las de dos y tres metros, eliminando regeneración natural de especies forestales de escaso valor sobre las de importancia comercial.

Por otra parte, es recomendable utilizar especies forestales nativas de rápido crecimiento y obtener, plantines de muy buena calidad en vivero.

El enriquecimiento puede ser una técnica relevante para la recuperación de bosques degradados, fundamentalmente en pequeñas superficies, como estrategia de mejorar la productividad y fuente genuina de generación de mano de obra en forma intensiva.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, C. P.; Lara A. (2008) Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia. Chile. Disponible en www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002008000300001&script=sci_arttext. Encontrado mayo 2016

BRASSIOLO M, Abt, M Grulke (2013). Prácticas forestales en los bosques nativos de la República Argentina, Región del Parque Chaqueño.

Disponible [http://www. ambiente. gob.ar/?id artículo=10930](http://www.ambiente.gob.ar/?id_articulo=10930) Encontrado Mayo 2016

BRASSIOLO, M.; Abt, M. (2011); Silvicultura de bosque nativo de la región chaqueña Argentina. Educación e investigación forestal para un equilibrio vital". Cooperación binacional. Argentina-Brasil. Cap. 2 (77-109). Disponible en fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/cap3_brassioo.pdf el 24 abril 2016.

BRASSIOLO, M.; Grulke, M. (2015) Manejo de Bosque Nativo de la Región Chaqueña. Ficha Técnica. Redaf. Unique. Reconquista. Chaco. Argentina. ISBN 978-987 – 29208-1-4

EIBL, B; F. Montagnini. (1998). "El potencial de las especies nativas en programas de plantación". En: VI Jornadas Técnicas. Serie Técnica N° 6. Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. U.N.A.M., Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. 19-26.

JICA. (1.996). Estudio sobre el Inventario y manejo forestal en la región del Parque Chaqueño en la República Argentina. Informe Final. JAFTA. República Argentina. 201 pp.

MCKNIGHT, Tom L; Hess, Darrel (2000). «Climate Zones and Types». Physical Geography: A Landscape Appreciation. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. pp. 200-1. ISBN 0-13-020263-0.

GÓMEZ, C. y Cardozo, F. (2003)] Enriquecimiento del bosque nativo con ibirá puita guazú (*Peltophorum dubium* SPRENG) - INTA-Centro Regional Chaco-Formosa EEA Sáenz Peña

LEY 1552 "PROGRAMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DE LA PROVINCIA DE FORMOSA (POT-FOR)<https://www.cadetierras.com.ar/wp-content/uploads/2019/07/formosa-Ley-1552-OBTN.pdf>

LOZADA, J.; Moreno; R., S. (2003) "Plantaciones en fajas de enriquecimiento". Experiencias en 4 unidades de manejo forestal de la Guayana Venezolana. INCI v.28 n.10. Caracas oct.2003 Inrterciencia. ISSN 0378-1844. 568-575.

MONTAGNINI, F y Eibl, B;(1998). El potencial de las especies nativas en programas de plantación. En: VI Jornadas Técnicas. Serie Técnica N° 6. Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical

Misionera. U.N.A.M., Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. Mayo, Pp.19-26.

MONTAGNINI, F.; Eibl, B.; Grance L.; Maioco, D.; Nozzi, D. (1997) Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the paranaense of Misiones; Argentina. Forest. Ecol. Manag. 99: 237-246.

PÉREZ, W.; Oviedo, M.; Sirka, E. (2011) Determinación del tamaño mínimo en fajas para familia Rural 1er Congreso Forestal del Chaco Sudamericano. Filadelfia. Paraguay del 4 al 9 abril 2011.

SIRKA, C. y Oviedo, (2016) M. Enriquecimiento en Fajas con *Peltophorum dubium* (Ibirá pita guazú) en bosque alto degradados. Resúmenes XIX Jornada de Ciencia y Tecnología 19 (19), pp. 138-139. Versión impresa ISBN 978-987-1604-50-0

SIRKA, C.; Oviedo Miguel. (2017) Comportamiento de *Tipuana Tipu* (Tipa blanca) en enriquecimiento de bosque degradado en el sureste de Formosa, Edición especial. Revista Yvyrareta. Versión online 2469-004x N° 24(2017) pp. 57-63. Recuperado de <http://www.yvyrareta.com.ar/index>.

VALENTINI, J.A. y Schaeffer P.G. (1978). Alternativa forestal para la región del parque chaqueño. Actas del Tercer Congreso Forestal Argentino. Delta del Paraná, Buenos Aires. Pp. 137-141.

ZULLE, F.; M., Brassiolo; C., Gómez; S., Kees. (2015). "Enriquecimiento forestal en fajas en un bosque explotado del Chaco húmedo". BOSQUE 36(2): 171-177, Disponible en Mayo 2016 www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002015000200003script=sci_arttext.

MODELO DE ÍNDICE DE SITIO PARA PLANTACIONES DE *Neltuma alba* (Griseb.) C.E Hughes & G.P. Lewis EN FORMOSA, ARGENTINA

SITE INDEX MODEL FOR PLANTATIONS OF *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis IN FORMOSA, ARGENTINA

Fecha de recepción: 05/05/2023 // Fecha de aceptación: 11/11/2023

RESUMEN

En la provincia de Formosa existen poco más 1.000 hectáreas de plantaciones de *Neltuma alba*, abarcando amplia diversidad de sitios. La productividad de los terrenos forestales, definida principalmente por la calidad del sitio, se estima mediante la máxima cosecha de productos, frecuentemente maderables, producida en un tiempo determinado. El objetivo del estudio fue obtener un modelo de índice de sitio y definir clases de calidad de sitio para estas plantaciones. Los datos procedieron de 48 parcelas de monitoreo permanente. La calidad de sitio se determinó a través del índice de sitio, el método de la curva guía y estimación del parámetro altura dominante. Se utilizaron valores de altura de árboles dominantes, desarrollando ecuaciones de regresión no lineal para ajustar los valores de altura a partir de la edad. El ajuste del modelo de Gompertz permitió determinar la ecuación para la altura dominante y el índice de sitio a la edad de 9 años. La curva guía posibilitó obtener una familia de curvas anamórficas, como una primera clasificación de los sitios. Fueron establecidas cinco clases de sitio: excelente (9,4 – 10,6 m), muy bueno (8,1 – 9,4 m), bueno (6,9 – 8,1 m), regular (5,6 – 6,9 m) y malo (4,4 – 5,6 m).

SUMMARY

In the province of Formosa, there are just over 1,000 hectares of *Neltuma alba* plantations, covering a wide diversity of sites. The productivity of forestlands, defined principally by the site quality, is estimated by the maximum harvest of products, often timber, produced in a given time. The objective of the study was to obtain a site index model and define site quality classes for these plantations. The data came from 48 permanent monitoring plots. Site quality was determined through the site index, the guide curve method and estimation of the dominant height parameter. Height values of dominant trees were used, developing nonlinear regression equations to adjust the height based on age. Fitting the Gompertz model allowed us to determine the equation for dominant height and site index at the age of 9 years. The guide curve made it possible to obtain a family of anamorphic curves, as a first classification of the sites. Five site classes were established: excellent (9,4 – 10,6 m), very good (8,1 – 9,4 m), good (6,9 – 8,1 m), regular (5,6 – 6,9 m) and poor (4,4 – 5,6 m).

Key words: Gompertz; guide curve, anamorphic, curves, carob tree.

Gladys M. Vicentini

Ing. Ftal. MSc. Prof. Edafología,
Facultad de Recursos Naturales,
UNaF. Av. Gutnisky 3200, Ciudad
de Formosa. Correo:
gladysvicentini@hotmail.com

Víctor R. Pérez

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

Ramón A. Friedl

Ing. Ftal. MSc. Facultad de
Ciencias Forestales, UNaM.
Bertoni 124, N3380, Eldorado,
Misiones. Correo:
raf.2006.1@gmail.com

Roberto A. Fernández

Ing. Agr. MSc. Facultad de
Ciencias Forestales, UNaM.
Bertoni 124, N3380, Eldorado,
Misiones. Correo: rfernandez.952@
gmail.com

Palabras clave: Gompertz; curva guía; curvas anamórficas, algarrobo

INTRODUCCIÓN

La productividad maderable de un terreno forestal es una estimación que usa como referencia la máxima cosecha maderable producida en un periodo de tiempo, lo que se conoce como calidad de sitio. Esta medida integra todos los factores bióticos y abióticos que influyen en el crecimiento de los árboles, por lo que se considera un fiel reflejo de la productividad maderable del sitio (DANIEL *et al.*, 1982).

La calidad de sitio considerada como una cualidad distintiva, indica en forma relativa, el grado de productividad de un lugar bajo las condiciones imperantes en el momento en que se efectúa la estimación; además, se refiere a la producción potencial de madera del sitio para una especie en particular. Su determinación, representa una importante información, necesaria para atender un plan de manejo forestal (MARES ARREOLA *et al.*, 2004; HUENDO *et al.*, 2004).

Para la clasificación de sitio existen diversos métodos que permiten su evaluación y determinación. El índice de sitio (IS) es uno de los más utilizados y relaciona las características climáticas, fisiográficas y edáficas, empleando variables como edad del rodal y la altura total de cada árbol. Se aplica en rodales coetáneos, siendo la altura utilizada el promedio de los árboles dominantes o de los dominantes y codominantes. El índice de sitio es la altura media dominante que alcanzará un rodal en el sitio donde se desarrolla, a una edad denominada “base ó de referencia” (FERNÁNDEZ *et al.*, 1994; CASAUBÓN *et al.*, 2001; KEES y MICHELA, 2016; KEES *et al.*, 2017; SENILLIANI *et al.*, 2019).

En el año 2005 el Ministerio de la Producción y Ambiente de la Provincia de Formosa desarrolló un Plan Provincial de Fomento a la Forestación con Algarrobo, promoviendo el cultivo de la especie algarrobo blanco, *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis (sinónimo: *Prosopis alba* Griseb.) y su complementación con la actividad agropecuaria. El mayor número de forestaciones con esta especie se localizó en la región noreste de la provincia, especialmente en los Departamentos de Pilcomayo y Pilagás, en una cobertura espacial definida por las localidades de Tres Lagunas, Siete Palmas, Buena Vista, Laguna Blanca y Riacho He-Hé.

En la provincia del Chaco para plantaciones de *N. alba* se ajustó el modelo de Gompertz, aplicando el método de la curva guía con una hipótesis de

crecimiento anamórfica. En el estudio fueron establecidas cuatro calidades de sitio con amplitudes de 2 metros de altura dominante, a la edad de referencia de 17 años (KEES *et al.*, 2017).

También para *N. alba* en Santiago del Estero, a partir de una familia de curvas anamórficas ajustada empleando el modelo Gompertz a una edad base de 15 años, se logró una estimación de la capacidad productiva de los sitios. Se diferenciaron tres calidades de sitio, I buena, II regular y III mala (SENILLIANI, 2021).

Los trabajos referidos precedentemente constituyen un apreciable antecedente para el presente estudio, aunque cabe resaltar que el material genético utilizado en esas plantaciones, las edades de las mismas y los ambientes son diferentes a los de Formosa (p. ej, en Santiago del Estero los estudios abarcaron esencialmente plantaciones ubicadas en el área de riego del río Dulce). En Formosa en particular se desconocen las diferentes calidades de sitio para la especie, su potencial de crecimiento y el turno de aprovechamiento requerido para obtener madera comercial. Debido a la importancia económica y social que reviste el cultivo de *N. alba* para la región noreste de Formosa, se consideró conveniente y oportuno estudiar el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y pueden desarrollarse las plantaciones con algarrobo.

El objetivo del estudio fue ajustar un modelo de índice de sitio que permita precisar clases y curvas de calidad de sitio para plantaciones jóvenes de *N. alba* en la provincia de Formosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio.

El área de estudio se encuentra ubicada en la región NE de la Provincia de Formosa, Argentina. Corresponde a las zonas ecológicas denominadas “Pilcomayo Viejo” y “Depresión Oriental” (MORELLO y SCHAEFER, 2002). Presenta temperaturas medias anuales superiores a los 21°C, el promedio de las precipitaciones oscila alrededor de 1300 mm anuales con altos valores de Evapotranspiración Potencial del orden de los 1200 mm anuales. Según la clasificación de Thornthwaite, corresponde a un clima mesotermal, húmedo, subhúmedo, con nulo o pequeño déficit de agua.

La región pertenece a una gran planicie aluvial formada sobre sedimentos jóvenes vinculados a la morfodinámica subreciente del río Pilcomayo

(MORELLO y RODRÍGUEZ, 2009). En los albardones se encuentran Hapludoles, en las medias lomas los Natrustalfes y en las áreas más bajas, anegables por corto tiempo, los Albacualfes.

Metodología.

La valoración dasométrica de las plantaciones fue realizada en predios de productores forestales ubicados en ambientes representativos de la región y donde se concentran las forestaciones. Fueron seleccionados 24 sitios que representaron en forma equilibrada la mayor variabilidad ambiental de la región, estableciendo en cada uno de ellos parcelas de monitoreo permanente (PMP) de 1000 m² de superficie cada una. En cada sitio se instalaron dos PMP, registrándose en el estudio un total de 48 parcelas.

Las densidades iniciales de plantación fueron 500, 625 y 667 pl. ha⁻¹, correspondientes a distancias de 5 x 4, 4 x 4 y 5 x 3 m, respectivamente. Las plantaciones tenían evidencias de prácticas de podas sistemáticas. Dado que aún no habían sido objeto de raleos, la reducción en la densidad al momento del estudio se correspondía con las pocas fallas de plantación.

La supervivencia se determinó a partir de la densidad de plantación inicial versus el número de plantas vivas encontradas en cada parcela. La adaptabilidad de la especie a las condiciones de los sitios muestreados se vio evidenciada por la supervivencia, vigorosidad y calidad de las plantas. Se considera que una especie ha superado el estrés de la plantación cuando los valores de supervivencia resultan superiores a 70 %, calificados como aceptables (DELGADO *et al.*, 2003). En la zona de estudio el algarrobo blanco superó ampliamente este piso, resultando superior al 90 %.

Desde la edad de 4 años hasta los 9 años se registraron anualmente los datos del diámetro a la altura de pecho (dap) medido a 1,30 m de altura con cinta dendrométrica y la altura total de los árboles dominantes (hdom) determinada con vara telescópica graduada. Estas mediciones se realizaron a los 10 individuos seleccionados por ser los de mayor diámetro. De esta manera, los promedios de la hdom de cada PMP resultaron de promediar los registros individuales de un número equivalente a 100 árboles dominantes por hectárea, procedimiento de selección propuesto por ASSMANN (1970) y frecuentemente citado en estudios de calidad de sitio (PÉREZ GONZÁLEZ *et al.*, 2012; KEES *et al.*, 2017).

La definición de las funciones matemáticas que representen adecuadamente el crecimiento de los árboles, requirió de modelos y métodos de ajuste, empleando la altura a una edad base establecida (CASAUBÓN *et al.*, 2001; HUENDO *et al.*, 2004; MARES ARREOLA *et al.*, 2004). Se empleó el

método de la curva guía para ajustar modelos de crecimiento al diagrama de dispersión de la relación edad-hdom y establecer el índice de sitio (HERNÁNDEZ RAMOS *et al.*, 2015).

El ajuste de un modelo de índice de sitio, permitió graficar la curva guía de crecimiento en altura y determinar el índice de sitio (IS) para la edad de referencia. Para la elección de esta edad, también denominada “edad base o índice”, existen diversas alternativas (THROWER, 1986). En ciertos casos es aproximado al turno de corta, en otros es la mitad del mismo (ORTEGA y MONTERO, 1988). En evaluaciones de la calidad de sitio en la Región Chaqueña para forestaciones de algarrobo blanco se estableció la edad base en 17 y 15 años (KEES *et al.*, 2017; SENILLIANI *et al.*, 2019). En el presente estudio se adoptó la edad de referencia de 9 años por ser la edad máxima que tenían las plantaciones evaluadas. Además, se consideró que a dicha edad, correspondiente aproximadamente a la mitad del turno de las mejores plantaciones de esta especie, las diferencias de potencial productivo entre sitios ya se expresaría y, en consecuencia, se podría disponer tempranamente una clasificación preliminar de los sitios destinados a la forestación.

Una vez que la curva promedio de crecimiento de la altura (Curva Guía) fue ajustada, se trazaron las curvas de la misma forma (curvas anamórficas) que pasaron por diferentes valores de IS (armonización) (AMICO *et al.*, 2010; KEES *et al.*, 2017; SENILLIANI, *et al.*, 2019; SENILLIANI, 2021).

En la determinación del índice de sitio por el método de la curva guía se buscó ajustar en forma analítica un modelo matemático para obtener una curva promedio en todo el intervalo de observaciones de altura dominante-edad. Los estudios sobre el crecimiento de los árboles emplean curvas de crecimiento utilizando un modelo, donde, y = vector de observaciones (variable dependiente), f representa una función lineal o no lineal en los parámetros, X = matriz de diseño (variables independientes). Los datos de las 48 PMP existentes en los diferentes sitios, fueron evaluados utilizando tres modelos de hdom-edad: modelo de Schumacher, modelo Logístico y modelo de Gompertz. Cabe resaltar que en estudios realizados sobre la misma temática en plantaciones de algarrobo blanco también se ajustó el modelo de Gompertz (KEES *et al.*, 2017; SENILLIANI, 2021).

La calidad del ajuste de los modelos de regresión y la comparación de los modelos alternativos de regresión no lineal se basó en los siguientes criterios: a) que el cuadrado medio del error fuera el menor posible; b) que el número de parámetros del modelo fuera el menor posible; c) que el error estándar de las estimaciones de los parámetros fuera lo más pequeño

posible; y d) que la significancia estadística de los parámetros fuera p -valor $< 0,05$. El análisis estadístico se realizó con el programa InfoStat Versión 2020p

A fin de complementar la evaluación de los modelos se realizó el análisis visual del gráfico de los residuos estudentizados en función de las alturas predichas por cada modelo (Gráfico 1).

Los residuos presentaron una distribución aceptable, no se observó ninguna tendencia sistemática.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de informar respecto de la dinámica de la variable altura total de los árboles dominantes de las plantaciones evaluadas, seguidamente se exponen resultados estadísticos descriptivos (Tabla 1).

La bondad de ajuste y la capacidad predictiva de los modelos evaluados se muestran en Tabla 2.

Tabla 1. Estadística descriptiva de la altura total de los árboles dominantes.
Table 1. Descriptive statistics of the total height of the dominant trees.

Edad (años)	Media (m)	Mín (m)	Máx (m)	D.E. (m)	C.V. (%)
4	3,81	2,11	4,91	0,72	18,90
5	4,89	2,65	6,34	0,93	19,02
6	5,71	3,21	7,65	1,05	18,39
7	6,48	3,80	8,51	1,21	18,67
8	7,22	4,34	9,41	1,35	18,70
9	7,93	4,93	10,42	1,49	18,79

Referencias: Media = valor promedio; Mín = valor mínimo; Máx = valor máximo; D.E = desvío estándar; C.V = coeficiente de variación.

References: Mean = average value; Min = minimum value; Max = maximum value; S.D. = standard deviation; C.V = coefficient of variation.

Tabla 2: Parámetros estimados para cada modelo matemático
Table 2: Estimated parameters for each mathematical model

Modelo	n	CME	EE	p-level	α	β	Γ
Schumacher	288	1,269	1,160	$< 0,05$	-1,752	2,276	-0,230
Logístico	288	1,197	1,094	$< 0,05$	8,438	6,775	-0,446
Gompertz	288	1,193	1,092	$< 0,05$	8,844	-2,965	-0,323

Referencias: n=número de observaciones. CME=cuadrado medio del error. EE: error estándar del estimado. α , β , Γ = parámetros del modelo.

References: n = number of observations. CME = mean square error. SE: standard error of the estimate. α , β , Γ = model parameters.

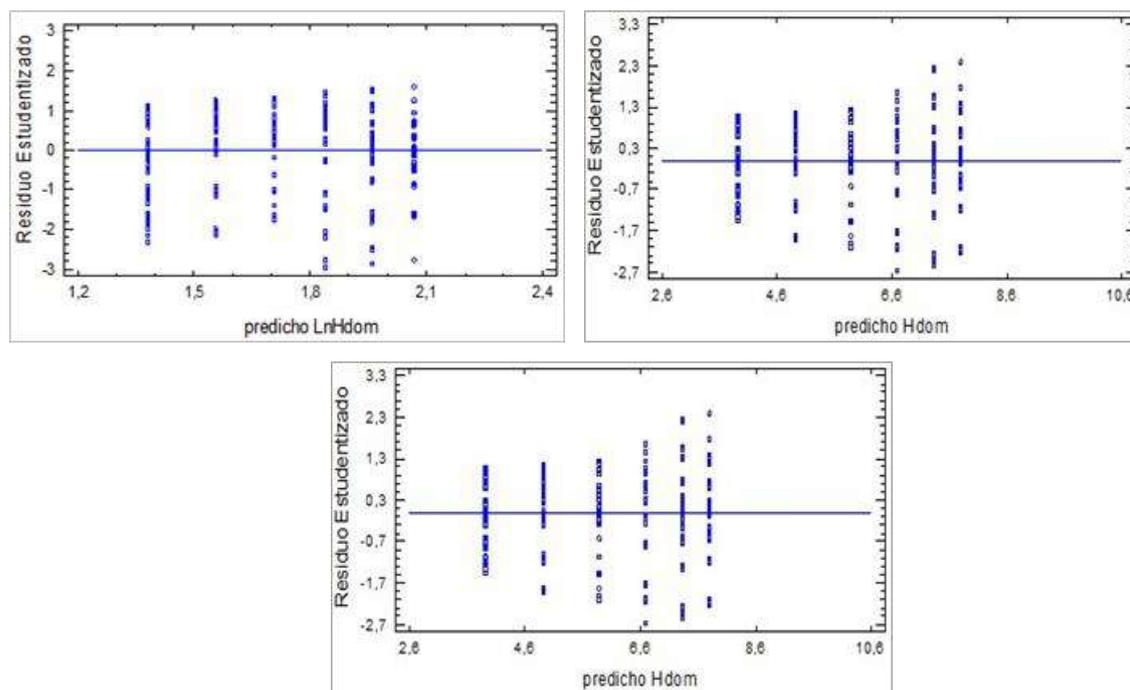


Gráfico 1. Modelo ajustado frente a los residuos estudentizados. Arriba izq. **Modelo de Schumacher.** Arriba der. **Modelo Logístico.** Abajo. **Modelo Gompertz.**
Graph 1. Adjusted model against the studentized residuals. Above left. **Schumacher model.** Above right. **Logistic model.** Below. **Gompertz model.**

En un contexto de similitud de resultados, especialmente entre los modelos Logístico y de Gompertz, y considerando los criterios establecidos para comparar los modelos evaluados, el modelo no lineal propuesto por Gompertz fue el seleccionado por presentar los menores valores del cuadrado medio del error y del error estándar de las estimaciones de los parámetros. Este modelo evidenció mejor ajuste en la relación de la altura dominante con la edad, permitiendo hallar la curva guía más apropiada para la clasificación de sitios. El modelo de Gompertz también fue utilizado en otras investigaciones en la Región Chaqueña, en estudios relacionados a la calidad de sitio para plantaciones de *N. alba* (KEES *et. al.*, 2017; SENILLIANI, 2021).

El modelo de Gompertz, permitió el ajuste de la ecuación:

$$Hdom = \alpha * \exp(-\beta * \exp(-\gamma * E))$$

$$Hdom = 8,844 * \exp(-2,965 * \exp(-0,323 * E))$$

Donde:

Hdom: es la altura dominante en m

E: edad en años

El índice determinado para la edad de referencia de 9 años fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$IS = \left[\frac{Hdom}{\exp(-2,96 * \exp(-0,32 * E))} \right] \exp(-2,96 * \exp(-0,32 * Ei))$$

Donde:

IS: es el índice de sitio a la edad de referencia de 9 años

E: edad en años

Ei: edad índice o edad de referencia

El ajuste del modelo matemático, permitió obtener la curva promedio o curva guía, en todo el intervalo de observaciones edad - altura dominante. El valor de la altura dominante estimada a la edad de referencia de 9 años fue de 7,5 m. A partir de dicha curva guía, se trazaron curvas proporcionales, arriba y debajo de la misma, las cuales representan diferentes índices de sitio (CLUTTER *et. al.*, 1983; PÉREZ GONZÁLEZ *et. al.*, 2012).

Para obtener las curvas anamórficas, en la ecuación de índice de sitio, se despejó el parámetro asintótico y su expresión se sustituyó en la ecuación original, con lo que el valor asintótico se consideró implícito y los parámetros de forma fueron comunes para todos los sitios. Se modificó la edad y el índice de sitio y se mantuvo constante la edad base, con lo cual se generó la familia de curvas anamórficas (HUENDO *et. al.*, 2004). Fueron determinadas 5 clases de sitio. Cada IS es el punto medio del intervalo que define una clase de sitio; así, la C I contiene en su punto medio al

IS=10 y sus límites a la edad de 9 años son 9,4 y 10,6 (Gráfico 2 y Tabla 3).

Las curvas anamórficas que fueron obtenidas a partir de la curva guía constituyen una estimación de la calidad de sitio para la producción de *N. alba* en el área de estudio (región NE de la provincia de Formosa). El modelo ajustado permitió definir los rangos de altura dominante e índice de sitio según clases de sitios y edad. En la fila correspondiente a los 9 años se observa el intervalo de Hdom y el IS correspondiente a cada clase de sitio (Tabla 3).

En Santiago del Estero se determinaron tres clases de sitio, con un rango similar a las registradas para Formosa, CI = 9,2 - 11,2 m, IS = 10,2; CII = 7,2 - 9,2 m, IS = 8,2; CIII = 5,2 - 7,2 m, IS = 6,2. Se verificó la existencia de solapamiento de datos de la clase I con la clase II en algunas series de datos a edades tempranas, situación que se repite en la clase II a iguales edades, con la clase III (SENILLANI, 2021). En Chaco, en base al rango de alturas encontradas a la edad de referencia se definieron las siguientes clases de calidad de sitio: CI: más de 11 metros; CII: de 9 a 11 metros; CIII: de 7 a 9 metros; C IV: 5 a 7 metros (KEES *et. al.*, 2017).

Otra respuesta silvicultural de las plantaciones fue expresada como incremento medio anual en diámetro (IMA del DAPdom) y en altura (IMA de Hdom) para cada clase de sitio (Tabla 4).

Destaca el carácter cultural de esta especie la poca variabilidad de la altura y su crecimiento (aspecto también referido por KEES *et. al.*, 2017). Consecuentemente, en cualquier caso y particularmente en algarrobo, la estimación precisa de la calidad de sitio exige que las mediciones de altura se realicen de manera correcta y confiable, minimizando los errores.

Cabe señalar que en plantaciones de Santiago del Estero los valores registrados para IMA DAP (cm.año^{-1}) en las clases CI = 1,30; CII = 1,18-1,27 y CIII = 0,88 (SENILLANI, 2021), resultaron menores a los obtenidos en forestaciones de Formosa.

Los parámetros ambientales que explican el crecimiento de *N. alba* en la región NE de Formosa fueron semejantes a los obtenidos en la zona centro-norte de la provincia de Chaco, donde el drenaje, profundidad de enraizamiento, posición topográfica y la textura subsuperficial fueron los parámetros considerados en la evaluación de los suelos como factor de sitio. Suelos con textura liviana fueron calificados como sitios de buena productividad mientras que aquellos con drenaje pobre, someros y relieve subnormal como de menor productividad (KEES *et. al.*, 2017).

En Santiago del Estero, el impacto de factores fisiográficos en el crecimiento refiere a propiedades físicas-químicas del suelo, infiriéndose que el crecimiento está condicionado negativamente por la conductividad eléctrica-CE y otros parámetros característicos de las condiciones de salinidad, como la asociación simbiótica (SENILLANI *et. al.*, 2021). Estos valores ($\text{CE} = 19,9 \text{ dS.m}^{-1}$) son muy superiores en relación a los registrados en Formosa (valores de salinidad de 4 a 12 dS.m^{-1}).

Una plantación de algarrobo característica de la provincia de Chaco, con una densidad inicial de 625 pl.ha^{-1} , fue evaluada a los 9 años antes de la aplicación del primer raleo por lo bajo registrando un IMA DAP igual a 1,39 cm.año^{-1} (KEES y MICHELA, 2016). Este dato en relación con los valores determinados para la región NE de la provincia de Formosa, se corresponde con un crecimiento registrado en la clase de menor calidad (IMA DAPdom en clase V = 1,40 cm.año^{-1}).

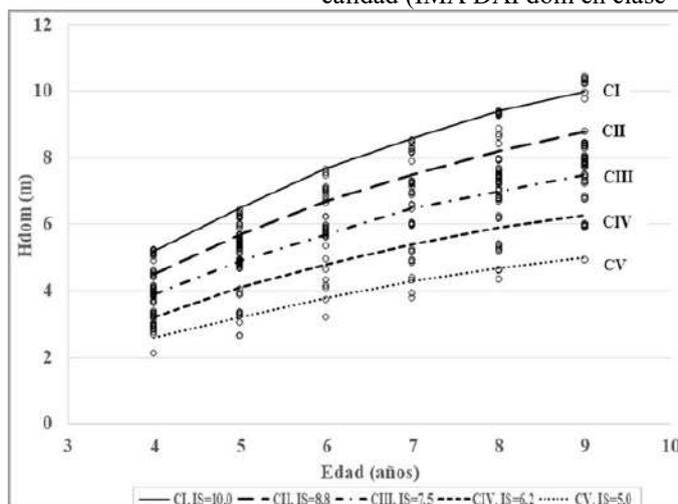


Gráfico 2. Curvas de calidad de sitio con referencia a los respectivos Índices de Sitio (IS). Edad de referencia 9 años. Calidades de sitio: C I = Clase I, Excelente; C II = Clase II, Muy Bueno; C III = Clase III, Bueno; C IV = Clase IV, Regular y C V = Clase V, Malo.

Graph 2. Site quality curves with reference to the respective Site Indices (SI). Reference age 9 years. Site qualities: C I = Class I, Excellent; C II = Class II, Very Good; C III = Class III, Good; C IV = Class IV, Regular and C V = Class V, Poor.

Tabla 3. Clases de sitio según intervalos de altura dominante, edad e IS. ER=9años
Table 3. Site classes according to dominant height intervals, age and IS. RE=9 years

Edad (años)	CS V, Malo		CS IV, Regular		CS III, Bueno		CSII, M.Bueno		CS I, Excelente	
	Hdom	IS	Hdom	IS	Hdom	IS	Hdom	IS	Hdom	IS
4	2,3–2,9	2,6	2,9–3,6	3,2	3,6–4,2	3,9	4,2–4,9	4,5	4,9–5,5	5,2
5	2,8–3,7	3,2	3,7–4,5	4,1	4,5–5,3	4,9	5,3–6,1	5,7	6,1–6,9	6,5
6	3,3–4,3	3,8	4,3–5,3	4,8	5,3–6,2	5,7	6,2–7,2	6,7	7,2–8,1	7,7
7	3,8–4,8	4,3	4,8–5,9	5,4	5,9–7,0	6,5	7,0–8,1	7,5	8,1–9,2	8,6
8	4,1–5,3	4,7	5,3–6,5	5,9	6,5–7,6	7,0	7,6–8,8	8,2	8,8–10,0	9,4
9	4,4–5,6	5,0	5,6–6,9	6,2	6,9–8,1	7,5	8,1–9,4	8,8	9,4–10,6	10,0

Referencias: IS = Índice de sitio. ER= Edad de referencia. CS = Clase de sitio. Hdom = altura dominante.
 References: IS = Site Index. ER= Reference age. CS = Site Class. Hdom = dominant height.

Tabla 4. Incremento medio anual en altura y diámetro por calidad de sitio.
Table 4. Mean annual increase in height and diameter by site quality

Clase de Sitio	IMA Hdom (m.año ⁻¹)	IMA DAPdom (cm.año ⁻¹)
C I	1,15	2,85
C II	0,96	2,37
C III	0,87	2,01
C IV	0,68	1,64
C V	0,57	1,40

Referencias: IMA Hdom=Incremento medio anual de la altura de los árboles dominantes [m. año⁻¹]. IMA DAPdom=Incremento medio anual del diámetro a la altura del pecho de los árboles dominantes [cm. año⁻¹]
 References: IMA Hdom= Mean annual increase in the height of dominant trees [m. year⁻¹]. IMA DBH= Mean annual increase in diameter at breast height of dominant trees [cm. year⁻¹]

CONCLUSIONES

En el área de estudio las plantaciones jóvenes de *Neltuma alba* presentaron marcada variabilidad en la respuesta de crecimiento según la calidad de los suelos utilizados para su cultivo.

El modelo de Gompertz aplicado a los datos muestrales de edad-hdom resultó ser apropiado para estimar el crecimiento de la altura de los árboles dominantes. La expresión matemática que definió la curva guía obtenida a través de este modelo fue:

$$Hdom = 8,85 * \exp(-2,96 * \exp(-0,32 * E))$$

y el índice de sitio se determinó por:

$$IS = \left[\frac{Hdom}{\exp(-2,96 * \exp(-0,32 * E))} \right] \exp(-2,96 * \exp(-0,32 * 9))$$

Las curvas anamórficas generadas describen adecuadamente la tendencia de crecimiento de *N. alba*, permitiendo una primera clasificación de las forestaciones de acuerdo a su potencial de crecimiento. Se establecieron cinco clases de índice de sitio para la edad base de 9 años, a saber: CI: 9,4-10,6 m - excelente,

CII: 8,1-9,4 m - muy bueno, CIII: 6,9-8,1 m - bueno, CIV: 5,6-6,9 m - regular y CV: 4,4-5,6 m - malo. El uso de estas clases está restringido al área de estudio, y a los rangos de altura de árboles dominantes y edad comprendidos en esta investigación.

Los valores de incremento medio anual en diámetro y altura para las clases de sitio establecidas fueron: IMA DAPdom (cm.año⁻¹) de 2,85; 2,37; 2,01; 1,64 y 1,40 e IMA Hdom (m.año⁻¹) de 1,15; 0,96; 0,87; 0,68 y 0,57, para las clases de sitio I, II, III, IV y V, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

AMICO, I.; Bava, L.; Calderon, A. 2010. Índices de calidad de sitio de *Populus nigra* ‘Italica’ en plantaciones lineales en el noroeste de Chubut. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias*, UN Cuyo. Tomo 42. N° 1. 147-158.

ASSMANN, E. 1970. *The Principles of Forest Yield Study*. Oxford, UK, Pergamon Press. 506 pp.

- CASAUBÓN, E.A.; Gurini, L.B.; Cueto, G. R. 2001. Diferente calidad de estación en una plantación de *Populus deltoides* cv Catfish 2 del Bajo Delta bonaerense del Río Paraná (Argentina). *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Vol. 10 (2). 217-232.
- CLUTTER, J.L.; Forston, J.C.; Pienaar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R.L. 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 333 p.
- DANIEL, P.W.; Helms, U.E.; Baker, F.S. 1982. Principios de Silvicultura. Segunda Edición. Capítulo 11 "Evaluación de la Calidad del Sitio". pág. 231 – 252.
- DELGADO, A.; Montero, M.; Murillo, O.; Castillo, M. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la zona de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1): 63-78.
- FERNÁNDEZ, R.; Crechi, E.; Friedl, R. 1994. Evaluación del comportamiento de la altura dominante como medida de la calidad de sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Interciencia* Vol. 19. No 6. p: 343-346.
- HERNÁNDEZ RAMOS, J.; García Magaña, J.; García Cuevas, X.; Adrián Hernández Ramos, A.; Muñoz Flores, H.; Samperio Jiménez, M. 2015. Índice de sitio para bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht y Cham en el oriente del estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. vol.6 no.27
- HUENDO, S. M.; Chan, J. M.; Collazo, I.V. 2004. Comportamiento de dos métodos en la predicción y representación gráfica del Índice de Sitio. *Rev. Ciencia Forestal en México*. Vol. 29. N°95.
- KEES, S.M.; Michela, J.F. 2016. Recomendaciones prácticas de poda y raleo con diferentes horizontes de planificación en la provincia del Chaco. INTA. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. Consultado 10/08/2022. Disponible en https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/80247/mod_resource/content/1/Kees%20Poda%20algarrobo.pdf
- KEES, S.M.; Michela, J.F.; Skoko, J.; Gómez, C.A.; Crechi, E.H.; Letourneau, F.J. 2017. Curvas de Índice de Sitio para *Prosopis alba* en la Provincia del Chaco. *Revista Forestal Yvyrareta* 24. 13-19.
- MARES ARREOLA, O.; Cornejo Oviedo, E.H.; Valencia Manzo, S.; Flores López, C. 2004. Índice de sitio para *Pinus herrerae* Martínez en CD.
- Hidalgo, Michoacán. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27: 77 – 80.
- MORELLO, J.; Rodríguez, A. 2009. El Chaco sin bosques: la pampa o el desierto del futuro. Orientación Gráfica Editora. 432 p.
- MORELLO, J.; Schaefer, P. 2002. Subregiones ecológicas de la provincia de Formosa y sus contenidos edáficos dominantes (1º aproximación). *Investigaciones y Ensayos Geográficos*. Revista de Geografía. Facultad de Humanidades (UNaF). Año 1, N° 1, 19 – 30.
- ORTEGA, A.; Montero, G. 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica. ICONA, Madrid. *Ecología* 2: 155-184.
- PÉREZ GONZÁLEZ, G.; Domínguez, M.; Martínez Zurimendi, P. Etchevers Barra, J. 2012. Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, México. *Madera y Bosques* 18(1), 7 – 24.
- SENILLIANI, M. G.; Bruno, C.; Brassiolo, M. 2019. Site index for *Prosopis alba* plantations in the semi-arid Chaco through mixed models. *CERNE*, Vol. 25, N° 2:195 – 202.
- SENILLIANI, M. G. 2021. La calidad de sitio como condicionante del crecimiento y calidad de frutos de plantaciones de *Prosopis alba* Griseb en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Forestales (UNSE).125 pp.
- THROWER, J. 1986. Estimating Site Quality from Early Height Growth of White Spruce and Red Pine Plantations in the Thunder Bay area. Tesis de maestría. Lakehead University, Ontario

GERMINACIÓN DE *Robinia pseudoacacia* (FABACEAE, FABOIDEAE) EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO (ARGENTINA)

GERMINATION OF *Robinia pseudoacacia* (FABACEAE, FABOIDEAE) IN ALTO VALLE DE RÍO NEGRO (ARGENTINA)

Fecha de recepción: 28/03/2023 // Fecha de aceptación: 09/10/2023

RESUMEN

En la Argentina, el cultivo de *Robinia pseudoacacia* es reducido y existen pocos estudios sobre su comportamiento. Las investigaciones forestales en el Alto Valle han sido principalmente orientadas al cultivo de álamos y sauces (Salicaceae). Debido a la falta de antecedentes sobre el cultivo de esta especie en la región, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tratamientos pre-germinativos de semillas de *Robinia pseudoacacia* recolectadas de poblaciones naturalizadas en el Alto Valle de Río Negro. Se realizó un ensayo de germinación con diferentes tratamientos pre-germinativos (remojo en agua por 48 hs, remojo en agua hirviendo por 10 segundos y lijado por un minuto). De los tratamientos ensayados, el lijado presentó una media de germinación significativamente mayor.

Palabras clave: Forestación, silvicultura, tratamientos pre-germinativos, Patagonia.

SUMMARY

In Argentina, the cultivation of *Robinia pseudoacacia* is limited, and there are few studies on its behaviour. Forestry research in the Alto Valle has been mainly oriented to the cultivation of poplars and willows (Salicaceae). Due to the lack of information on the cultivation of this species in the region, the aim of this work was to evaluate different pre-germination treatments of *Robinia pseudoacacia* seeds collected from naturalized populations in the Alto Valle de Río Negro. A germination test was carried out with different pre-germination treatments (soaking in water for 48 hours, soaking in boiling water for 10 seconds and sanding for 1 minute). Among the treatments tested, sanding presented significantly higher average germination rate.

Key words: afforestation, forestry, Patagonia, pre-germination treatments.

Adriel Ian Jocou

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Ruta Nacional n° 22 km 1190, Allen, Río Negro, Argentina.
adrieljocou@gmail.com
ORCID AIJ: 0000-0002-8428-8923.

Carlos Rogelio Minué

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Ruta Nacional n° 151, km 12,5, Cinco Saltos, Río Negro, Argentina.
carlosminue@hotmail.com
ORCID CRM: 0000-0001-9999-4700

INTRODUCCIÓN

En Argentina existen escasos estudios sobre el comportamiento de *Robinia pseudoacacia* (“falsa acacia, acacia blanca”), posee un mercado pequeño y su cultivo es incipiente (KEIL *et al.*, 2011; COBAS y MONTEOLIVA, 2018a,b). En el año 2017 se cosecharon 263 toneladas de *R. pseudoacacia* en la provincia de Buenos Aires y 268 toneladas en la provincia de Río Negro (BRANDÁN y GALDERISI, 2018).

En el Alto Valle de Río Negro las investigaciones forestales han sido principalmente orientadas al cultivo de Salicaceae (THOMAS y RODRÍGUEZ, 2014; NOLTING, 2016) y no parecen existir registros públicos sobre el cultivo de *R. pseudoacacia*.

Recientemente se ha reportado la naturalización de *R. pseudoacacia* en las regiones del Alto Valle de Río Negro y Valle Inferior del Río Limay, formando bosques sobre los taludes de canales de riego y en terrenos cercanos a los ríos (JOCOY y GANDULLO, 2020).

El cultivo de árboles de *R. pseudoacacia* a partir de semilla es relativamente simple y aplicable en una variedad de circunstancias (RÉDEI *et al.*, 2002; RÉDEI *et al.*, 2008; RÉDEI *et al.*, 2011). Según BARTHA *et al.* (2008) los crecimientos de las plántulas de semillas no difieren considerablemente de las plantas vía reproducción asexual. Sin embargo, HUNTLEY (1990) indicó que estas últimas son de más rápido crecimiento.

Las semillas de *R. pseudoacacia* se caracterizan por presentar una marcada dormancia física debido a la impermeabilidad de su cubierta seminal (HUNTLEY, 1990; PAULSEN *et al.*, 2013; PEDROL *et al.*, 2018; MARTIN, 2019). En este

sentido, es necesario realizar un proceso de escarificación a través del remojo en ácido sulfúrico concentrado, agua entre 90 °C y 100 °C o escarificación mecánica (HUNTLEY, 1990; RÉDEI *et al.*, 2001). Un tratamiento pre-germinativo novedoso consiste en la exposición de las semillas a un campo eléctrico de corriente alterna de alto voltaje, con resultados prometedores en aquellas con bajo poder germinativo inicial (YUDAIEV *et al.*, 2019). El comportamiento germinativo de las semillas de *R. pseudoacacia* parece estar afectado por el origen geográfico y las condiciones en las que se desarrolla la población de plantas madre del cual se extrae el material (GIULIANI *et al.*, 2019; ROMAN *et al.*, 2022).

Debido a la falta de antecedentes sobre el cultivo de esta especie en la región y en el marco de una revisión bibliográfica al respecto (JOCOY & MINUÉ, 2023a,b), el objetivo de este trabajo es evaluar diferentes tratamientos pre-germinativos de semillas de *Robinia pseudoacacia* recolectadas de poblaciones naturalizadas en el Alto Valle de Río Negro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Alto Valle de Río Negro (Argentina), se ubica entre los 66°45' Oeste y 68°30' Oeste y los 38°30' Sur y 38°5' Sur, con una extensión de 652 km², entre las ciudades de Contralmirante Cordero a Chichinales (Figura 1). El relieve es plano a muy suavemente ondulado, presenta una pendiente general Oeste-Este de aproximadamente 0,8 % (APCARIAN *et al.*, 2014). El clima se caracteriza por ser mesotermal (THORNTON, 1948) y xerofítico seco (PAPADAKIS, 1980).

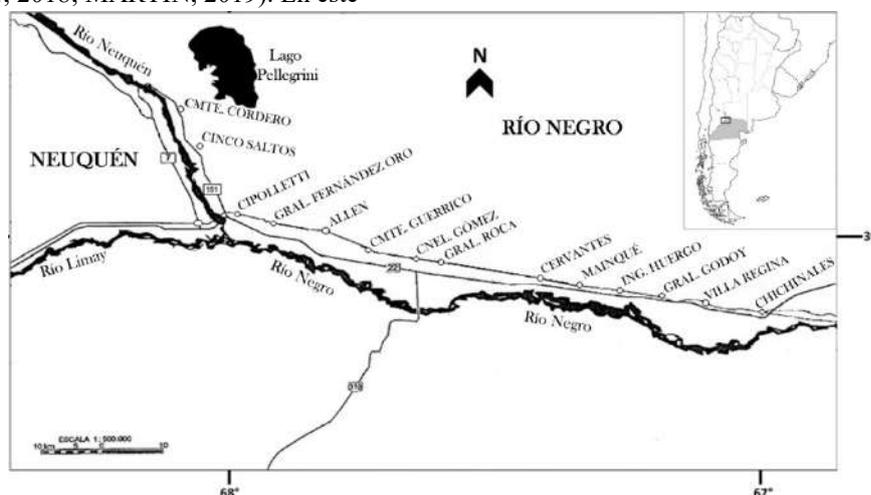


Figura 1. Alto Valle de Río Negro (desde Contralmirante Cordero hasta Chichinales).
Figure 1. Alto Valle de Río Negro (from Contralmirante Cordero to Chichinales).

Ensayo de germinación

Se realizó un ensayo de germinación para evaluar posibles tratamientos pre-germinativos a partir de material disponible en la región.

Recolección y selección del material

Durante el mes de octubre del 2020 se recolectaron semillas de la temporada anterior, de 15 individuos naturalizados en la localidad de General Fernández Oro (provincia de Río Negro). Se descartaron aquellas semillas con signos de ser inviábiles (arrugadas o dañadas).

Diseño experimental

El ensayo experimental se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), con cuatro repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió en 15 semillas.

De esta forma, el modelo propuesto responde a la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \xi_{ij}$$

$$\xi_{ij} \sim iid N(0; \sigma^2)$$

siendo:

y_{ij} = número de semillas germinadas en el 5^o día del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

μ = media general.

α_i = efecto del i-ésimo tratamiento (i= T, A, L, AH).

ξ_{ij} = error aleatorio para la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento (j=1, 2, 3, 4).

Bajo los supuestos de que los errores son independientes, idénticamente distribuidos con distribución normal, media en 0 y varianza única.

Los tratamientos consistieron en:

T: testigo, sin ningún tratamiento previo (60 semillas).

A: remojo de las semillas en agua por 48 hs a temperatura ambiente (60 semillas).

AH: remojo por 10 segundos en agua hirviendo, con posterior remojo inmediato en agua fría por 20 segundos (60 semillas).

L: lijado manual de la cubierta seminal por aproximadamente 1 minuto (60 semillas).

Se sembraron grupos de 15 semillas en 16 cajas de Petri (4 repeticiones por cada tratamiento) con papel absorbente humedecido y se cubrieron con film plástico. Se mantuvieron a temperatura ambiente (ca. 25 °C) y con exposición a la luz solar (condición necesaria para la germinación de *R. pseudoacacia*). Se contabilizó el número de semillas germinadas (emergencia de radícula) para cada repetición, en períodos de 24 hs.

Se realizó un gráfico de evolución del proceso de germinación para cada tratamiento.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó a través de la interfaz R-Commander (FOX, 2005) en el software de

libre distribución R versión 3.5.1 (R CORE TEAM, 2013).

Se realizó un ANOVA para evaluar si existió efecto de tratamiento sobre el número de semillas germinadas en el día 5 del experimento, con un nivel de significancia del 5%. Los supuestos de homogeneidad de varianzas y de normalidad se probaron utilizando las pruebas de Levene y de Shapiro-Wilk, respectivamente, con un nivel de significancia del 1%.

Se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% para la comparación de medias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados del ensayo de germinación desde el día 0 al día 5. El Gráfico 1 muestra la tendencia del proceso de germinación para cada tratamiento.

Tabla 1. Número de semillas germinadas (emergencia de radícula) desde el día 0 al día 5, para cada observación. Entre paréntesis se indica el porcentaje. Referencias= T: testigo, A: remojo en agua por 48 hs, L: lijado por 1 minuto, AH: remojo con agua hirviendo por 10 segundos.

Table 1. Germinated seeds number (radicle emergence) from day 0 to day 5, for each observation. The percentage is indicated in parentheses. References= T: control, A: soak in water for 48 hours, L: sanded for 1 minute, AH: soak with boiling water for 10 seconds.

Tratamiento	Día					
	0	1	2	3	4	5
T1	0	0	0	0	1	1
	-	-	-	-	(6,67)	(6,67)
T2	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-
T3	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-
T4	0	1	1	1	1	1
	-	(6,67)	(6,67)	(6,67)	(6,67)	(6,67)
A1	0	0	0	0	1	1
	-	-	-	-	(6,67)	(6,67)
A2	0	0	0	0	1	2
	-	-	-	-	(6,67)	(13,33)
A3	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-
A4	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	-	-

Continuación Tabla 1

Tratamiento	Día					
	0	1	2	3	4	5
L1	0	6	7	8	11	12
	-	(40,00)	(46,67)	(53,33)	(73,33)	(80,00)
L2	0	8	8	9	11	12
	-	(53,33)	(53,33)	(60,00)	(73,33)	(80,00)
L3	0	3	3	11	13	14
	-	(20,00)	(20,00)	(73,33)	(86,67)	(93,33)
L4	0	7	7	10	11	11
	-	(46,67)	(46,67)	(66,67)	(73,33)	(73,33)
AH1	0	2	4	6	8	9
	-	(13,33)	(26,67)	(40,00)	(53,33)	(60,00)
AH2	0	0	1	4	6	6
	-	-	(6,67)	(26,67)	(40,00)	(40,00)
AH3	0	4	4	6	10	11
	-	(26,67)	(26,67)	(40,00)	(66,67)	(73,33)
AH4	0	4	6	6	6	6
	-	(26,67)	(40,00)	(40,00)	(40,00)	(40,00)

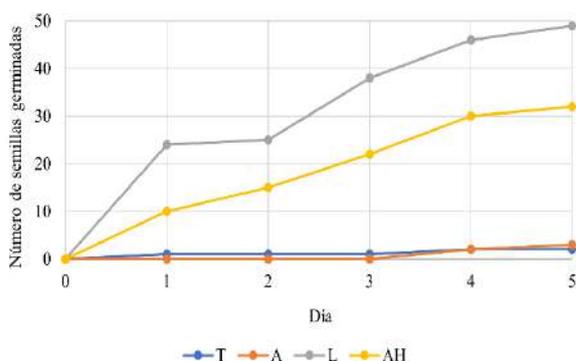


Gráfico 1. Número de semillas germinadas en cada tratamiento desde el día 0 al 5.
Graph 1. Number of germinated seeds in each treatment from day 0 to 5.

Debido a que los datos del día 5 no cumplían con el supuesto de normalidad, se procedió a transformar la variable con la siguiente ecuación:

$$\hat{Y}_{ij} = \sqrt{(y_{ij} + 1)}$$

Siendo \hat{Y}_{ij} la variable transformada e y_{ij} la variable original.

La prueba de Levene para homocedasticidad de la varianza arrojó un p-valor de 0,05512, por lo que se cumple el supuesto de homocedasticidad con el 99% de confianza. La prueba de Shapiro-Wilk para normalidad arrojó un p-valor de 0,0116, por lo que se

cumple el supuesto de normalidad con el 99% de confianza.

El ANOVA arrojó un p-valor menor que el nivel de significancia (Tabla 2), por lo que existe efecto de, al menos, uno de los tratamientos.

Tabla 2. Tabla ANOVA. El * indica diferencias significativas con $\alpha=0,05$.

Table 2. ANOVA table. The * indicates significant differences with $\alpha=0.05$.

	gl	SC	CM	p-valor
Tratamiento	3	17,875	5,958	<0,001*
Residuales	12	1,129	0,094	
Total	15	19,004		

La prueba de Tukey (Tablas 3 y 4) muestra que existen diferencias entre los tratamientos de agua hirviendo y lijado respecto al testigo y al remojo por 48 hs. El testigo y el remojo no presentaron diferencias entre sí. El lijado presentó una media significativamente mayor al tratamiento con agua hirviendo.

Tabla 3. Germinación (variable transformada) para cada tratamiento. Entre paréntesis se indica el desvío estándar. Letras distintas en columna indican diferencias significativas con un $\alpha=0,05$.

Table 3. Germination (transformed variable) for each treatment. The standard deviation is indicated in parentheses. Different letters in the column indicate significant differences with $\alpha=0.05$.

Tratamiento	Germinación
T	1,21 ($\pm 0,24$) ^a
A	1,29 ($\pm 0,36$) ^a
AH	2,98 ($\pm 0,4$) ^b
L	3,64 ($\pm 0,17$) ^c

Tabla 4. Comparación múltiple de medias (variable transformada). Prueba de Tukey. El * indica diferencias significativas con un $\alpha=0,05$.

Table 4. Multiple comparison of means (transformed variable). Tukey's test. The * indicates significant differences with $\alpha=0.05$.

	Estimado	Error estándar	Intervalos de confianza		p-valor
			inferior	superior	
AH- A	1,69	0,22	1,05	2,34	<0,001*
L-A	2,35	0,22	1,71	2,99	<0,001*
T-A	-0,08	0,22	-0,72	0,56	0,982
L-AH	0,66	0,22	0,01	1,30	0,045*
T-AH	-1,77	0,22	-2,42	-1,13	<0,001*
T-L	-2,43	0,22	-3,07	-1,79	<0,001*

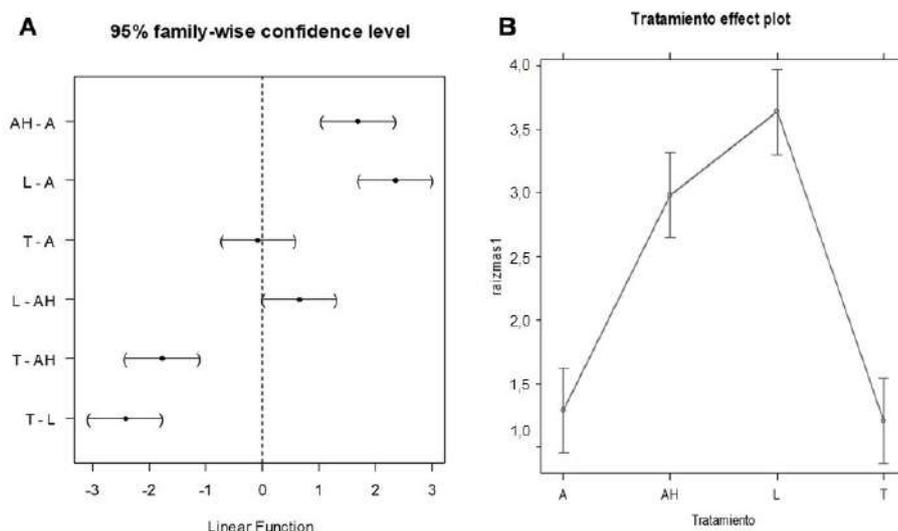


Gráfico 2. A) Diferencias de las medias (variable transformada) entre cada tratamiento e intervalos de confianza del 95%. B) Efecto de tratamiento (T, A, AH, L) sobre la germinación de las semillas (de la variable transformada).

Graph 2. A) Mean differences (transformed variable) between each treatment and 95% confidence intervals. B) Treatment effect (T, A, AH, L) on seed germination (of the transformed variable).

El Gráfico 2 muestra las medias e intervalos de confianza para cada comparación de medias (Gráfico 2A) y el efecto e intervalos de confianza de cada tratamiento (Gráfico 2B).

ROMAN *et al.* (2022) concluyeron que para las condiciones de sus ensayos el tratamiento con ácido sulfúrico no mejoró tanto la germinación como el tratamiento con aire caliente, sin embargo, no han estudiado el escarificado mecánico como alternativa. Por otro lado, BASBAG *et al.* (2010) reportaron que el tratamiento con agua a 90 °C por 20-30 minutos logró porcentajes de germinación mayores al 90%. En nuestro ensayo, el tratamiento con agua hirviendo resultó el segundo mejor tratamiento en cuanto a germinación.

Tanto el remojo con agua a temperatura

ambiente como el testigo (sin ningún tratamiento) muestran un bajo porcentaje de germinación, lo cual coincide con lo reportado por HUNTLEY (1990) y RÉDEI *et al.* (2001), que mencionan la necesidad de escarificar las semillas para mejorar la germinación. En este sentido, dos de los tratamientos propuestos por HUNTLEY (1990) y RÉDEI *et al.* (2001) –agua hirviendo y escarificación mecánica- demuestran mejorar considerablemente los porcentajes de germinación en comparación con el testigo.

CONCLUSIONES

El lijado de semillas de *R. pseudoacacia* es el tratamiento pre-germinativo con mejores resultados en comparación a los tratamientos evaluados.

Son necesarios estudios posteriores en cuanto a la posible variabilidad en el comportamiento de la germinación, en función de las condiciones ecológicas de las poblaciones de las plantas madre.

Se sugiere continuar investigando sobre la germinación de esta especie y alternativas para el mejoramiento y obtención de plantas para su posterior cultivo.

Contribución de los autores

Ambos autores participaron equitativamente en la búsqueda bibliográfica, diseño y ejecución de ensayo, interpretación de resultados, preparación y corrección del manuscrito.

Financiamiento

Este estudio no contó con ningún tipo de financiamiento.

AGRADECIMIENTOS

A los revisores anónimos y a Esteban Thomas (INTA – EEA Alto Valle) por sus comentarios que permitieron mejorar sustancialmente este manuscrito. Este manuscrito se desprende de la investigación y trabajo final realizados por los autores para el curso de Dasonomía de la carrera de Ingeniería Agronómica (Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Comahue).

BIBLIOGRAFÍA

APCARIAN A., P.M. Schmid, M.C. Aruani. 2014. Suelos con acumulaciones calcáreas en el Alto Valle de Río Negro, Patagonia Norte. En Imbellone P.A. ed. Suelos con acumulaciones calcáreas y yesíferas de Argentina. Buenos Aires, Argentina. INTA-Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. p. 151-181.

BARTHA D., A. Csiszár, V. Zsigmond. 2008. Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.). In Botta-Dukát Z., L. Balogh eds. The most important invasive plants in Hungary. Vácrátót, Institute of Ecology and Botany Hungarian Academy of Sciences. p. 63-76

BASBAG M., A. Aydin, D. Ayzit. 2010. The Effect of Different Temperatures and Durations on the Dormancy Breaking of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and Honey Locust (*Gleditsia triacanthos* L.) Seeds. *Notulae Scientia Biologicae* 2(4): 125-128. DOI: 10.15835/nsb244690

BRANDÁN S., M. Galderisi. 2018. Sector Forestal Año 2017. Buenos Aires, Argentina. Secretaría de Agroindustria. 35 pp. Disponible en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/estadisticas/_archivos//000000_Sector%20Forestal/000000_Informes/170000_2017%20-%20Sector%20Forestal.pdf

COBAS A.C., S.E. Monteoliva. 2018a. Duramen y propiedades físicas de la madera de *Robinia pseudoacacia* en relación a su potencial uso en la industria de la madera sólida. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 117: 127-131.

COBAS A.C., S.E. Monteoliva. 2018b. Modelos descriptivos de distribución de madera juvenil y madura en *Robinia pseudoacacia*. *Maderas: Ciencia y tecnología* 20: 287-296. DOI: 10.4067/S0718-221X2018005021201

FOX J. 2005. The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software* 14(9): 1-42. DOI: 10.18637/jss.v014.i09

GIULIANI C., L. Lazzaro, R. Calamassi, G. Fico, B. Foggi, M. Mariotti Lippi. 2019. Induced water stress affects seed germination response and root anatomy in *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae). *Trees* 33: 1627-1638. DOI: 10.1007/s00468-019-01885-8

HUNTLEY J.C. 1990. *Robinia pseudoacacia* L. black locust. In Burns R.M., B.H. Honkala eds. *Silvics of North America, Vol. 2. Hardwoods. Agriculture Handbook, No. 654.* Washington DC. USDA-Forest Service. p. 755-761.

JOCOUCO A.I., R. Gandullo. 2020. Diversidad de plantas vasculares de los humedales de la Norpatagonia (Argentina). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie* 22: 131-154. DOI: 10.22179/REVMACN.22.688

JOCOUCO A.I., C.R. Minué. 2023. *Robinia pseudoacacia*, una alternativa silvícola para el Alto Valle de Río Negro (Argentina). Parte I: aspectos botánicos y ecológicos. *Semiárida* 33(2): 5-17. DOI: 10.19137/semiarida.2023(2).5-17

JOCOUCO A.I., C.R. Minué. 2023. *Robinia pseudoacacia*, una alternativa silvícola para el Alto Valle de Río Negro (Argentina). Parte II: aspectos dasonómicos. *Semiárida* 33(2): 19-32. DOI: 10.19137/semiarida.2023(2).19-32

- KEIL G., E. Spavento, M. Murace, A. Minales. 2011. Acacia blanca (*Robinia pseudoacacia* L.) y acacia negra (*Gleditsia triacanthos* L.): aspectos tecnológicos relacionados al empleo en productos de madera maciza. *Forest Systems* 20: 21-26. DOI: 10.5424/fs/2011201-8881
- MARTIN G.D. 2019. Addressing geographical bias: A review of *Robinia pseudoacacia* (black locust) in the Southern Hemisphere. *South African Journal of Botany* 125: 481-492. DOI: 10.1016/j.sajb.2019.08.014
- NOLTING J. 2016. Historia de la experimentación forestal en la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del INTA. General Roca. INTA. 14 p. Disponible en: https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_la_experimentacion_forestal_en_la_estacion_experimental_alto_valle.pdf
- PAPADAKIS J. 1980. El clima: con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, Ex-colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias. Buenos Aires. Albatros. 377 p.
- PAULSEN T.R., L. Colville, I. Kranner, M.I. Daws, G. Högstedt, V. Vandvik, K. Thompson. 2013. Physical dormancy in seeds: a game of hide and seek?. *New Phytologist* 198: 496-503. DOI: 10.1111/nph.12191
- PEDROL N., C.G. Puig, A. López-Nogueira, M. Pardo-Muras, L. González, P. Souza-Alonso. 2018. Optimal and synchronized germination of *Robinia pseudoacacia*, *Acacia dealbata* and other woody Fabaceae using a handheld rotary tool: concomitant reduction of physical and physiological seed dormancy. *Journal of Forestry Research* 29: 283-290. DOI: 10.1007/s11676-017-0445-0
- R CORE TEAM. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RÉDEI K., I. Csiha, Z. Keserü, Á. Kamandiné Végh, J. Györi. 2011. The Silviculture of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary: a Review. *South-east European Forestry* 2: 101-107. DOI: 10.15177/seefer.11-11
- RÉDEI K., Z. Osváth-Bujtás, I. Balla. 2001. Propagation methods for black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) improvement in Hungary. *Journal of Forestry Research* 12: 215-219. DOI: 10.1007/BF02856710
- RÉDEI K., Z. Osváth-Bujtás, I. Balla. 2002. Clonal approaches to growing black locust (*Robinia pseudoacacia*) in Hungary: a review. *Forestry* 75: 547-552. DOI: 10.1093/forestry/75.5.547
- RÉDEI K., Z. Osvath-Bujtas, I. Veperdi. 2008. Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) improvement in Hungary: a review. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 4: 127-132.
- ROMAN A.M., A.M. Truta, O. Viman, I.M. Morar, V. Spalevic, C. Dan, R.E. Sestras, L. Holonec, A.F. Sestras. 2022. Seed Germination and Seedling Growth of *Robinia pseudoacacia* Depending on the Origin of Different Geographic Provenances. *Diversity* 14: 34. DOI: 10.3390/d14010034
- THOMAS E., A. Rodríguez. 2014. Barreras rompevientos con álamos y sauces. Río Negro. INTA. 7 p.
- THORNTHWAITE C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review* 38: 55-94. DOI: 10.2307/210739
- YUDAIEV I., D. Ivushkin, M. Belitskaya, I. Gribust. 2019. Pre-sowing treatment of *Robinia pseudoacacia* L. seeds with electric field of high voltage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 403: 012078. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012078

FICHA TÉCNICA:

MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS, PRODUCCIÓN DE PLANTINES Y ESTABLECIMIENTO A CAMPO DE ESPECIES NATIVAS: Especie: *Plinia rivularis* (Cambess.) Rotman Mirtaceae (Ivaporiti)

Rodríguez Gabriela

Laboratorio de Semillas
(LabSe - FCF – UNaM)

Cecilia González

Laboratorio de Semillas
(LabSe - FCF – UNaM)
cecilia.gonzalez@fcf.unam.edu.ar

Beatriz I. Eibl

Laboratorio de Semillas
(LabSe - FCF – UNaM)

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

(ANTON y ZULOAGA 2018; GONZALEZ, 2011).

El ivaporiti es una especie nativa que se distribuye en Argentina, Paraguay, Uruguay y Brasil. En la Argentina está presente en Misiones, Corrientes y Entre Ríos.

Hojas: simples, pecioladas, filotaxis opuesta, glabras.

Flor y fruto: las flores son de color blanco, con numerosos estambres, perfumadas, melíferas, dispuestas en racimos. Los frutos son comestibles, globosos de 1-1,5 cm de diámetro, color rojo-negro brillantes cuando están maduros, lisos, y de pulpa succulenta color crema (imagen 1).

Semillas: 1 o 2 semillas por fruto (imagen 2).

FENOLOGÍA DEL CICLO REPRODUCTIVO

Floración: agosto-septiembre

Maduración de los frutos: octubre-noviembre

Caída de frutos: noviembre-diciembre.

MANEJO DE FRUTOS Y SEMILLAS

Cosecha: se realiza del árbol desplegando previamente lonas o media sombra al pie del árbol cubriendo parte de la copa y con ayuda de una pértiga o gancho se sacuden las ramas.

Acondicionamiento: luego de la cosecha se debe proceder inmediatamente a la separación de las semillas del fruto, ya que pierden rápidamente su viabilidad. El método de separación es por maceración.

Número de semillas por kg: 2334 semillas/kg con 58 % de contenido de humedad.

Almacén: sus semillas son recalcitantes.

Resultados recientes indican que sus semillas pueden guardarse por 17 meses en cámara a 6 ± 2 °C, en arena húmeda a capacidad de campo, manteniendo la viabilidad superior al 90 % de PG.

VIVERIZACIÓN

Tratamiento pregerminativo: no requiere.

Poder germinativo: semillas cosechadas en momento óptimo con 90 a 100 %.

Siembra: con semillas frescas realizar siembra directa en los envases.

Inicio de germinación: a partir de los 22 días de la siembra.

Envases: bolsas de polietileno y/o en tubetes de 220 cm³.

Sustratos: puede utilizarse compost con tierra tamizada, así como también corteza de pino compostada con 2 a 3 Kg/m³ de fertilizante de liberación lenta.

Plagas en vivero: no se observaron plagas o enfermedades.

Tiempo de viverización: 2 años. Plantines de 10 meses lograron altura total 30 cm y diámetro a la altura del cuello de 1,5 mm en promedio; en cuanto al cepellón, requiere mayor tiempo en vivero para una adecuada formación (imagen 3 y 4).

CARACTERÍSTICAS SILVICULTURALES

Exigencia lumínica: es una especie esciófita.

Hábito de crecimiento: simpódico. (LATTUADA *et al.*, 2018)

Sensible a las heladas y a la sequía en los primeros estadios de campo.

Porte: mediano.

ESTABLECIMIENTO DEFINITIVO

Puede plantarse en sistemas agroforestales, en enriquecimiento, forestaciones mixtas y parquizados.

Sitio: requiere sitios medianamente fértiles, suelos profundos, bien drenados y no compactados.

Crecimiento: lento. En la imagen 5 se observa planta de 3 años a campo con altura de 1,2 m.

BIBLIOGRAFÍA

ANTON, A. M.; Zuloaga, F. O. 2018. Descripción de *Plinia rivularis*. Flora Argentina. Conosur. Instituto de Botánica Darwinion. Bs. As.

GONZÁLEZ, C. C. 2011. Arquitectura foliar de las especies de Myrtaceae nativas de la flora argentina II: Grupo "Eugenia". Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 46 (1-2): 85-104. ISSN 0373-580X.

LATTUADA, D. S.; Pezzi, E.; De Souza, P. V. D. 2018. Caracterização de frutos em diferentes estádios de maturação de um Guapuritizeiro. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 24(1/2), 37-45

Plinia rivularis (ivaporiti)



Imagen 1: Frutos cosechados del árbol



Imagen 2: Semillas limpias



Imagen 3: Plantín a los 10 meses



Imagen 4: Desgranamiento del cepellón a los 10 meses

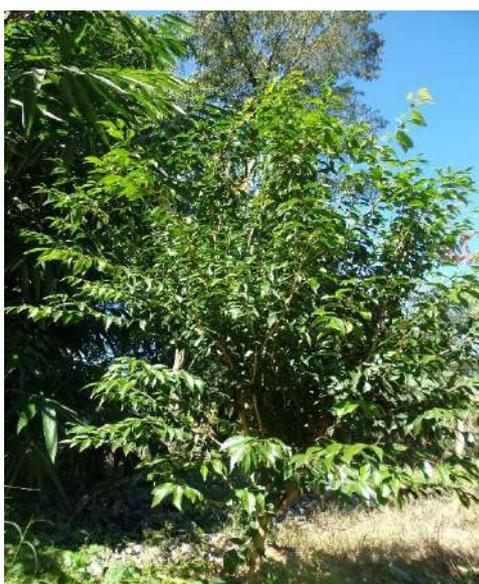


Imagen 5: Plantación de Ivaporiti a los 3 años de instalada



Imagen 6: Árbol adulto en fructificación

FICHAS TÉCNICAS

ARBOLES DE MISIONES

Lonchocarpus nitidus (Vog.) Benth.

Radins, Marcos R

Profesor Adjunto, FCF,
UNaM.
marcos.radins@fcf.unam.edu.ar

Aguilera, Maria A.

JTP, -FCF, UNaM.
angelica.aguilera@fcf.unam.edu.ar

Kuppers, Guillermo

JTP, -FCF, UNaM.
guillermo.kuppers@fcf.unam.edu.ar

Martinez, Santiago Andres

Estudiante,, -FCF, UNaM
daron07mar@gmail.com

Bohren, Alicia V.

Profesor Titular, FCF,
UNaM.
aliciabohren@hotmail.com

Grance, Luis

Profesor Titular, FCF,
UNaM.
luis.grance@fcf.unam.edu.ar

Syn: *Sphinctolonium nitidum* Vog

Nombres comunes: “Rabo abá”, “Rabo Macaco”, “yerba de bugre”, “lapachillo (Uruguay)”, “Timbó-Miúdo (Brasil)”

Familia: **Fabaceae, Pipilionaceae.**

GENERALIDADES

Árbol originario de Paraguay, Sur de Brasil, Argentina y Uruguay (IZAGUIRRE y BEYHAUT, 1997). En Argentina va desde Iguazú por todo Misiones, y la parte oriental de Corrientes y Entre Ríos, hasta la costa sur del Río de la Plata (Punta Lara); es típico de las selvas marginales de los ríos (BURKART, 1952).

DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADIOS DE VIDA

ESTADIO JUVENIL

Rámulo en zigzag con nudos demarcados; entrenudos cilíndricos, rectos a algo curvos, ligeramente estriados en los brotes más tiernos; y de color pardo a ligeramente violáceos, puberulos. Lenticelas circulares y elípticas, pequeñas (Figura 2B); con disposición y abertura vertical; densidad media y color blanquecino. Cicatrices foliares obdeltoides y circulares, menos frecuente semicirculares, muchas veces de forma imprecisa, pequeñas; color gris

claro a castaño claro; rastros libero-leñosos no visibles con lupa de mano; superficie plana a cóncava, ligeramente mensulada. Cicatrices estipulares lineares. Yema apical terminal y subterminal. Yemas axilares simples, pequeñas, peruladas y pubescentes. Médula de sección circular, de composición continua; color blanquecino verdoso, con ubicación central. Tallo cilíndrico con abundantes lenticelas blanquecinas distribuidas en forma transversal al eje.

ESTADIO ADULTO

Árbol de **porte** mediano, con alturas totales ubicadas entre los 8 a 15 metros y diámetros a la altura del pecho (d.a.p.) comprendidos entre 30 a 60 cm. Los largos de **fuste** oscilan entre 5 a 6 metros, recto, de sección circular y de base reforzada. Esta especie integra el estrato arbóreo medio, distribuyéndose preferentemente en zonas húmedas.

Hábito de copa baja, con abundante ramificación, de **copa** de forma obcónica, simple, densifoliada, de follaje caduco, de color verde oscuro brillante (Figura 1).

Hojas compuestas, imparipinadas, alternas, estipuladas, de 12 a 15 cm de longitud y de 6 a 9 cm de latitud. Cuentan con 5 a 9 folíolos elípticos, opuestos, de 3 a 6 de longitud y de 1,5 a 3 cm de latitud, ápice agudo a ligeramente acuminado, base aguda,

borde entero, rugosos, coriáceos, retinervados. El foliolo terminal generalmente de mayor tamaño (Figura 2A).

Especie hermafrodita, florece desde los meses de diciembre a febrero, (CARVALHO, 1980).

Fructificación de enero a agosto (BACKES y NARDINO 1998).

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE LA CORTEZA:

Aspecto externo: El Diseño del ritidoma es áspero, por presencia de lenticelas, de color pardo grisáceo, con manchas castaño-amarillentos (Figura 3A) Las lenticelas son notables, orientadas en hileras transversales y longitudinales de hasta 30 cm de longitud, sobresalientes, y dentro de éstas se observan pequeñas filas transversales coalescentes (Figura 3B)

Sección transversal: La corteza posee un espeso de 8 a 12 mm, con una estructura flamiforme-aglomerado.

La estructura flamiforme alcanza la corteza externa y la dilatación de los radios se inicia en las proximidades del cambium con una notable formación de tejido duro secundariamente en forma de paquetes rectangulares y cuadrangulares (aglomerado), lo que se puede observar en la Figura 4.

El color predominante es castaño amarillento, interrumpido por los radios dilatados que se muestran de color blanco-amarillento. Con textura fibrosa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE LA CORTEZA:

Corteza interna: Se observa alternancia de tejido duro y blando, el floema duro (fibras) está dispuesto en placas rectangulares superpuestas, semejando una escalera. Radios bi-triseriados, distanciados entre sí por 5 a 7 células floemáticas. Radios rectos.

Corteza media: En este sector se observa ondulación de los radios, algunos de los cuales se dilatan y otros cambian abruptamente su curso. Las placas rectangulares de floema duro se hallan rodeados por una vaina de células con cristales rómbicos.

Corteza externa: En este sector se presentan grupos de esclereidas de forma redondeada e irregular, y se observa una masiva expansión tangencial y divisiones anticlinales de las células parenquimáticas de los radios.

Radios floemáticos: Rectos, ondulados y dilatados, respectivamente desde el sector interno hacia el externo, con grandes paquetes redondeados e irregulares de esclereidas en el sector externo.

Peridermis:

Suber: 6 a 10 capas de células suberosas con paredes engrosadas en forma de U invertida. En determinados lugares se observa una mayor acumulación de células suberosas con respecto al resto de la sección.

Felodermis: 4 a 5 capas de células cuadrangulares en ordenadas hileras.

Ritidoma: Una sola peridermis.

CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

La madera no presenta diferenciación entre albura y duramen, son de coloración blanco amarillenta; de textura gruesa y heterogénea, grano recto, brillo suave. Presenta un diseño veteado en corte radial y parabólico en corte tangencial (BOHREN, 2005).

En cuanto a la macroscopía del leño, en sección transversal, los poros son pequeños a medianos, pocos visibles a ojo desnudo o con lupa de mano 10 x. Presentando una porosidad difusa. Parénquima paratraqueal vacicentrico confluyente en bandas anchas y apotraqueal marginal, muy visibles. No se observa estratificación (BOHREN, 2005).

Puede ser utilizada para cabos de herramientas, carpintería rústica, entablado, cajonería, leña y carbón.

Microscopía

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS:

Anillos de crecimiento: Demarcados por la presencia de parénquima marginal de 3-6 células de espesor.

Vasos: Poros solitarios y múltiples radiales geminados, raros 3-6 células, y agrupados, en porosidad difusa, de 6,8 (2-11) poros/mm², y medianos 83,8 (70-94) µm diámetro. Elementos vasculares de trayecto rectilíneo, cortos de 171.7 (131,2-203,8) µm longitud, estratificados, con placas de perforación simples, tabiques transversales y oblicuos; puntuaciones intervasculares alternas, con areola circular a poligonal y abertura interna oblongo lineal. Las puntuaciones paréquimo-vasculares con tendencia a escalariformes y radio-vasculares semejantes a las intervasculares.

Fibras: Dispuestas irregularmente, de sección poligonal e irregular con diámetro 9,7 (6,8-14,9) µm, de paredes delgadas 3,2 (2,3-5,2) µm y lumen de 6,5 (4,3-10) µm. Liberiformes, con escasas puntuaciones simples, de 1.085,7 (692,9-1.453,6) µm de longitud.

Parénquima leñoso: Paratraqueal vasicéntrico confluyente en bandas anchas, de 5-8 células de ancho, en series verticales de 2 células de altura, estratificado. Se

observan cristales prismáticos en las células de las márgenes de las bandas paratraqueales.

Radios: Homogéneos 3-2 seriados, constituidos por células procumbentes, estratificados. Radios poco numerosos de 5 a 8 radios/mm, bajos de 151 (114,2-178,5) μm de altura y de 43,4 (31,5-55,2) μm de ancho.

Estratificación: Completa.

Contenidos celulares: Se observan cristales en las márgenes de las bandas de parénquima paratraqueal.

PROPIEDADES DE LA MADERA

(Fuente: BOHREN, 2005).

Propiedades físicas

Densidad (kg/dm^3)

Anhida: 0,62

Estacionada: 0,7

Saturada: 0,94

Básica: 0,58

Contracciones totales (%):

Axial: 1,07

Radial: 5,48

Tangencial: 8,21

Coefficiente de retractabilidad

Radial: 0,17

Tangencial: 0,27

Relación (T/R): 1,5

Propiedades mecánicas de la madera 15 % de humedad)

Flexión estática (kg/cm^2)

Módulo de rotura: 713,05

Módulo de elasticidad: 118488,2

Compresión paralela a las fibras (kg/cm^2)

Módulo de rotura: 310,01

Módulo de elasticidad: 45572,49

Dureza Janka (kg/cm^2)

Transversal: 569

Radial: 497,5

Tangencial: 543,5

Corte o cizallamineto paralelo a la fibra (kg/cm^2)

Radial: 136,01

Tangencial: 177,13

Tracción perpendicular a la fibra(kg/cm^2):

Radial: 57,19

Tangencial: 39,86

Clivaje o rajadura (kg/cm):

Radial: 81.89

Tangencial: 80.09

BIBLIOGRAFÍA

BACKES, A.; NARDINO, M. Árbores, arbustos e algumas lianas nativas no Rio Grande do Sul. São Leopoldo: Ed. da UNISINOS, 1998. 202 p.

BOHREN, A. 2005. Evaluación del potencial para la producción de chapas decorativas de 13 especies arbóreas de la selva misionera. Informe de Tesis para la maestría en ciencias de la Madera, Celulosa y Papel. UNaM. 181p

BURKART, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Buenos Aires ACME, 569p.

CARVALHO, P. E. R. Levantamento florístico da região de Irati-PR: 1a aproximação. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1980. 44 p. (EMBRAPA-URPFCS. Circular técnica, 3).

IZAGUIRRE, P. Y R. BEYHAUT. 1997. Las Leguminosas en Uruguay y regiones vecinas. Part 1 Papilionoideae. Editorial Hemisferio Sur. 549 p.
TORTORELLI, L. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. Editorial ACME S.A.C.I. Buenos Aires. 910 p.

METCALFE, C. R.; CHALK, L.. 1965. Anatomy of the Dicotyledons. Volumen I y II. Clarendon Press. Oxford. P. 1500



Figura 1: “Rabo abá” Forma forestal, habito de copa baja, copa obcónica.



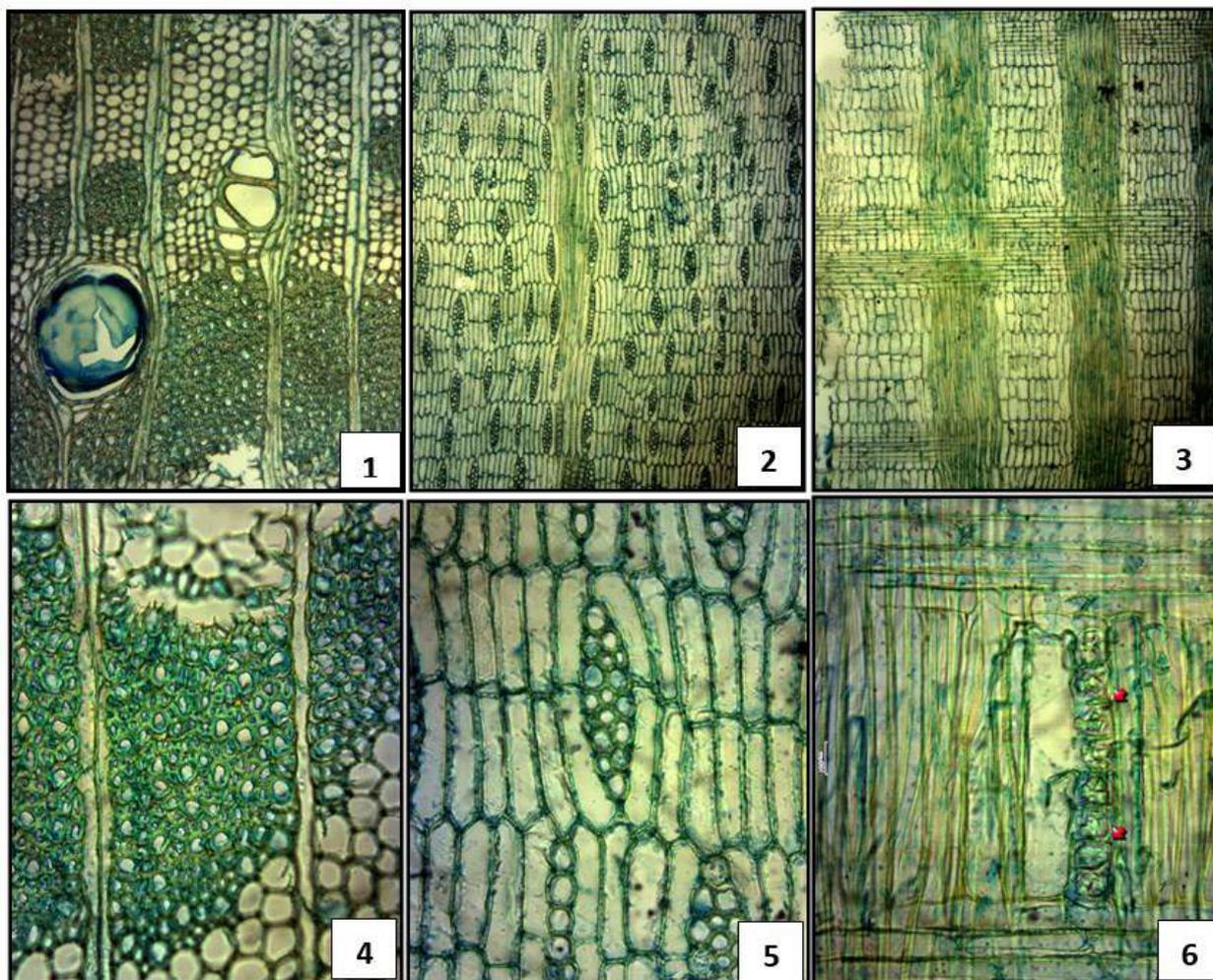
Figura 3: “Rabo abá”, A: Corteza con diseño áspero con lenticelas en hileras transversales y longitudinales, sobresalientes. B: Detalle de las lenticelas longitudinales



Figura 2: Rámulo de “Rabo abá” (A); detalle de las lenticelas circulares y elípticas (B)



Figura 4: Sección transversal de la corteza de “Rabo abá”, estructura flamiforme- aglomerado



Lamina III: *Lonchocarpus nitidus* 1) Vista del corte transversal. 100X 2) Vista del corte Tangencial. 40X 3) Vista del Corte radial. 40X 4) Detalle del lumen de las fibras y parénquima. 400X 5) Detalle de la estratificación. 200X 6) Detalles de Cristales asociados a los radios. 400X.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

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

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

FORMATO

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

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

La estructura de los trabajos responderá al siguiente ordenamiento:

- « **Carátula**: **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 del autor y el año entre paréntesis, ya que luego aparecerá en la bibliografía. En caso de un autor el Apellido y seguido del año, (López 1980); en el caso de dos autores colocar “y”, (López y Martínez 1990) y más de dos colocar “*et al.*” (Lopez *et al.* 1985).
- « Por ejemplo: En comparación con el presente trabajo, Veillon (1976) contó 278 individuos.; o como así también en los planes de mejoramiento (Repeti, 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 mejor interpretación de resultados. Se explicarán los resultados obtenidos y se confrontarán con los de otros trabajos, así como con los conocimientos científicos existentes. Las denominaciones serán: tablas; figuras (mapa, organigrama), y gráfico (representaciones gráficas), deben ir incorporadas en el texto con numeración arábiga, en negrita, minúscula. Los títulos de las tablas deben ir en la parte superior, y de gráficos y figuras en la inferior. Si los Gráficos y figuras no son muy complejas que no superen un ancho de 7,5cm. Las tablas solo deben tener líneas simples horizontales en los encabezados de las mismas y al final. Los gráficos y fotos serán impresos en blanco y negro. Los títulos de tablas, figuras y gráficos con traducción al inglés.

- « **Conclusión:** Debe ser basada en los resultados obtenidos y ofrecer, si es posible, una solución al problema planteado en la introducción.
- « **Agradecimientos:** En esta parte se incluirán los agradecimientos a personas, instituciones, fondos y becas de investigación, etc.
- « **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 YVYRARETÁ

- « Lugar de envío, requerimientos y forma de evaluación: **Los manuscritos serán enviados a: Comité Editorial, Revista Forestal Yvyraretá, vía formulario online o en su defecto por e-mail: revistayvyraret@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 YVYRARETÁ se responsabilizan por tales conceptos emitidos.** Una vez aceptados para publicación, los artículos admitidos son de propiedad de la Revista y su reproducción deberá ser convenientemente autorizada por escrito por el editor.
5. **Derechos de autor:** al enviar el artículo para su publicación, cuando aceptan las normas de publicación manifiestan la originalidad del artículo y transfieren los derechos de autor.
6. **La aceptación del artículo, comunicación y/o ficha para su evaluación no implica que el mismo será publicado.** Deberá ser evaluado y **aprobado por los pares evaluadores para ser aceptado para su publicación**



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES



FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES

SECRETARÍA DE CIENCIA Y
TÉCNICA

www.yvyrareta.com.ar