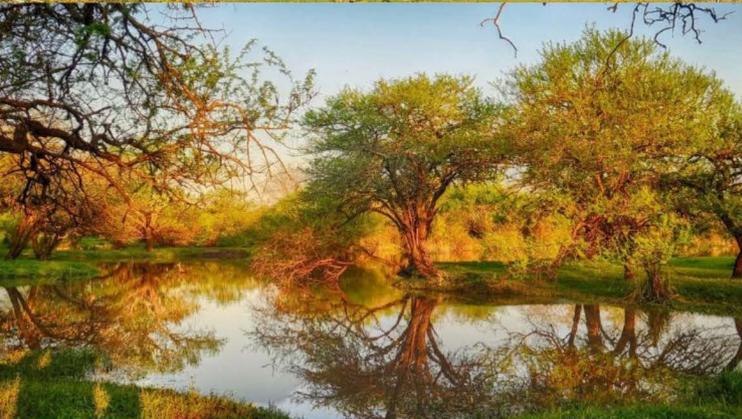


XXXIV JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina





COMISIÓN ORGANIZADORA

Coordinación general

Carlos de la Peña

Organización general

E.E.A. Concordia - INTA: Carlos de la Peña, Ciro Mastrandrea, María de los Ángeles García, Sergio Ramos, Matías S. Martínez, Javier Oberschelp, Leonel Harrand, Carla Salto, Gustavo López, María Noël Comparetto.

Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial: Mario Flores Palenzona

UTN Concordia: Natalia Tesón, Sebastián Trupiano

AIANER: Hernán Arriola, Paola Velázquez

AFoA Regional Río Uruguay: Alejandro Guidici

Municipalidad de Concordia: Marcos Follonier

Municipalidad de Federación: Daniel Benítez

IMFER: Jorge Rigoni, Aldo Colpo, María Julia Buffa

CIPAF: Franco Pezzini, Dante Biazzi

Colaboración independiente: Victoria Burgués

Comisión revisora de trabajos voluntarios

Carla Salto

Leonel Harrand

Mario Flores Palenzona

María de los Ángeles García

Sergio Ramos

Carlos de la Peña

Ciro Mastrandrea

Fotografías

Pablo Olivieri, Manuel Cellini, Mario Flores Palenzona, Carlos de la Peña

Editor General

Sebastián Sarubi

ORGANIZADORES



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



PATROCINADORES





ÍNDICE

PRÓLOGO	6
ESTIMACIÓN DE PARAMÉTROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN <i>Eucalyptus tereticornis</i> E IMPLICANCIAS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO Milena GONZÁLEZ, Gustavo BALMELLI	7
SEVERIDAD DE DAÑOS CAUSADO POR <i>Leptocybe invasa</i> Y CRECIMIENTO INICIAL EN CLONES HÍBRIDOS DE EUCALIPTOS Marcos A. ATANASIO , Lorena A.S. PERNOCHI, Leonel HARRAND	11
EVALUACIÓN DE NUEVAS ESPECIES DE EUCALIPTOS PARA FRÍO EN EL DELTA BONAERENSE María Silvana MONTEVERDE, Juan SCHAPOVALOFF, Germán RAUTE, Ignacio FOSCO, Ricardo AUSTIN	16
SELECCIÓN DE SAUCES ARBÓREOS PARA APLICACIÓN EN CULTIVOS DE CORTA ROTACIÓN Teresa CERRILLO; Sabrina LOVAL; Jorgelina GRANDE; Ignacio FOSCO; Juan Manuel GARCÍA CONDE; Ricardo AUSTIN; Manuel GARCÍA CORTÉS, César FUENTES; Marcos JOUANNY	21
SELECCIÓN DE ÁLAMOS PARA LA ZONA CONTINENTAL NORTE DE BUENOS AIRES Y SUR DE SANTA FE: ADOPCIÓN EN EL SISTEMA PRODUCTIVO Y PERSPECTIVAS DE LA MEJORA GENÉTICA Teresa CERRILLO Ana GENNARI; Enrique PRADA, Eduardo SKORUPSKI, Ricardo BRATOVICH, Vicente DEL ARCIPRETE	30
COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE ÁLAMOS Y SAUCES EN LA CAÑA DEL SALADO, ARRIBEÑOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES Alejandro SIGNORELLI, Paula FERRERE, Ana María LUPI	35
LA CHINCHE DEL EUCALIPTO Y SUS POSIBLES RUTAS DE INVASIÓN Y DISPERSIÓN EN LAS AMÉRICAS Dayanna do Nascimento MACHADO, Ervandil Corrêa COSTA, Clérison Régis Perini Mateus Alves SALDANHA, Ricardo FROELICH, Sergio Orlando RAMOS, Verlaine SELLI, Matheus CEOLIN, Fagner FERNANDEZ DAMBROSO, Thais SLIM, Luis Eduardo CURIOLETTI, Diego Willian Nascimento MACHADO	39
COMUNIDAD FÚNGICA Y FUNCIONALIDAD EN LA INTERACCIÓN <i>Megaplatypus mutatus</i> - <i>Casuarina cunninghamiana</i> Esteban CERIANI-NAKAMURAKARE; Sergio RAMOS; Cecilia CARMARAN	43
ESPECIES FORESTALES COMO FUENTE DE COMPUESTOS ANTIFÚNGICOS PARA EL CONTROL DE <i>Cercospora sojina</i> Christian J. SEQUÍN, Julia A. TROSSERO, Diego A. SAMPIETRO, Pablo G. ACEÑOLAZA	48
DETERMINACIÓN DEL DAÑO CAUSADO POR HORMIGAS CORTADORAS EN LA IMPLANTACIÓN DE <i>Pinus taeda</i> Y CÁLCULO DEL UMBRAL DE DAÑO ECONÓMICO Marcela NUÑEZ, Raúl PEZZUTTI, Edison CANTARELLI	53



ÍNDICE

- EVALUACIÓN DE CAMA DE POLLO COMPOSTADA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE ALGARROBO BLANCO (*Prosopis alba*)** 62
Nicolás VAIMAN, Irma Isabel BERNIGAUD, Martín DURANTE
- MAPEO DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL EN UN ENSAYO DE RALEO DE *Eucalyptus grandis*** 66
María Fernanda BARRIOS, Pablo PACCIORETTI, Mónica BALZARINI
- EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE *Araucaria angustifolia* EN MISIONES, ARGENTINA. RESULTADOS HASTA LOS 45 AÑOS DE EDAD** 71
Aldo KELLER; Ernesto CRECHI
- EFFECTOS DEL RALEO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* HASTA LOS 23 AÑOS EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA** 76
Aldo KELLER; Ernesto CRECHI
- EVALUACIÓN DE UN MODELO DE DEEP LEARNING PARA LA ESTIMACIÓN DE DENSIDAD EN BOSQUES IMPLANTADOS** 81
Eduardo HILDT, Andrés LESZCZUK, Francisco SOMMA
- ELABORACIÓN DE UN DIAGRAMA DE MANEJO DE DENSIDAD DE PLANTACIONES DE *Pinus taeda* PARA PRODUCTORES FORESTALES** 90
Raúl PEZZUTTI, Silvana CALDATO, Raúl SCHENONE, Christian CHRAPEK
- SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE COSECHA DE BIOMASA EN PLANTACIONES DE PINOS DEL NORTE DE MISIONES** 95
Franco VERA , Andrés LESZCZUK , Eduardo HILDT , Dionel KIMMICH , Patricio MAC DONAGH
- PERFORMANCE TÉRMICA DE CONSTRUCCIONES DE MADERA** 100
Diego PASSARELLA
- EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, CULTIVADO EN EL ESTE DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, MEDIANTE ENSAYOS ESTÁTICOS CONVENCIONALES Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS. PRIMERA ETAPA** 109
Esteban MORALES, Ricardo MARINO, Pablo TARONI, Florencia REYES
- EL UBAJAY (*Hexachlamys edulis*) UNA ESPECIE NATIVA COMO PRODUCTO FORESTAL NO MADERABLE** 113
Ignacio Sebastián POVILONIS, Giuliana QUINTAVALLE, Marta ALONSO, Miriam Elisabet ARENA, Silvia RADICE
- ESPECIES VEGETALES ASOCIADAS AL UBAJAY (*Hexachlamys edulis*) EN LA COSTA ORIENTAL DE ENTRE RÍOS** 118
Ignacio Sebastián POVILONIS, Marta ALONSO, Miriam Elisabet ARENA, Silvia RADICE



ÍNDICE

CONSERVACIÓN Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CINCO ESPECIES NATIVAS EN EL NE DE CORRIENTES

123

Christian CHRAPEK, Raúl PEZZUTTI, Raúl SCHENONE, Silvana CALDATO, Julián MACHUCA

VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN RELACIÓN CON SU PRODUCCIÓN EN FORESTACIONES DE *Prosopis alba*

128

Gladys M. VICENTINI, Víctor R. PEREZ, María C. CAÑETE

BIODIVERSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN PLANTACIÓN DE *Prosopis alba Griseb.* DE LA PROVINCIA DE FORMOSA

137

Carla RODRIGUEZ, Víctor PÉREZ

ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN UNA PARCELA DE SISTEMA SILVOPASTORIL EN EL CHACO CENTRAL PARAGUAYO

142

Maura Isabel DÍAZ LEZCANO, Julio Rafael RIOS ROBLES, Cynthia Carolina GAMARRA LEZCANO, Higinio MORENO RESQUÍN, Mirtha VERA DE ORTIZ, Doralicia ZACARÍAS

ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA AÉREA PARA *Vachellia caven Mol. Molina*, EN BOSQUES NATIVOS DEL ESPINAL ENTRERRIANO

147

Silvana M. J. SIONE, Silvia G. LEDESMA, Leandro J. ROSENBERGER, José D. OSZUST, Hernán J. ANDRADE CASTAÑEDA, Gabriel O. MACIEL y Marcelo G. WILSON

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE SEMILLAS DE *Nothofagus antarctica* EN SITIOS AFECTADOS POR FUEGO Y GANADERÍA EN EL ECOTONO DE TIERRA DEL FUEGO

152

Gimena BUSTAMANTE, Rosina SOLER, Paula BLAZINA, Judith RAMOS PERALTA, Miriam ARENA

VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DE MADERA MUERTA Y SUELO POR ECORREGIÓN EN EL CHACO ARGENTINO

157

José DÍAZ ZIRPOLO, María BASUALDO, Martín MONTENEGRO, Marcelo RODRIGUEZ, Juana MOGLIA, Guido LORENZ

PRODUCTORES FORESTALES DE LA CUENCA DEL RÍO URUGUAY: ESTRUCTURA Y DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA

162

Maia PLAZA BEHR, Marcelo ARTURI, Carolina SERRA, Ignacio GASPARRI, Sarah BURNS



PRÓLOGO

Una vez más, pese a las adversidades y al especial momento que nos toca vivir debido a la pandemia de COVID 19, se llevan a cabo las Jornadas Forestales de Entre Ríos, evento que ha posicionado a nuestra región a nivel nacional, reuniendo a todos los actores del sector forestal, no solo de nuestra región sino también de otras provincias, e incluso otros países. Su continuidad le ha permitido ganarse un lugar en el calendario de los eventos forestales de relevancia.

Este año nos encontraremos todos los viernes de octubre, en forma virtual a través del canal de youtube del INTA, donde disertantes referentes en diversas temáticas de interés actual harán sus exposiciones, y los asistentes, tendrán la posibilidad de realizar preguntas mediante un chat paralelo. Luego de las charlas principales se expondrán algunos trabajos voluntarios seleccionados entre todos los presentados como Resumen extendido.

Cada viernes habrá un eje temático específico en el cual se encuadran las exposiciones de los oradores principales. Así, se desarrollarán charlas sobre Mejoramiento genético y su importancia en el desarrollo del sector forestal; Madera de calidad de las principales especies forestales de Argentina y productos de innovación regional. También se presentará un análisis económico de la actividad forestal en el noreste de Entre Ríos, y se abordarán experiencias de exportación de productos de base forestal. Asimismo, habrá espacio para la presentación de la situación actual y perspectivas de políticas públicas vinculadas a bosques nativos y humedales, y la promoción y el desarrollo foresto industrial, contando con representantes de organismos tanto provinciales como nacionales.

Destacamos el compromiso y apoyo de los auspiciantes, patrocinadores y empresas que publicitan en estas jornadas, lo que nos permite seguir brindando año a año este espacio de intercambio, aprendizaje y encuentro del sector forestal, y por supuesto a todos los productores, asesores, docentes y estudiantes relacionados a la actividad forestal, quienes nos acompañan desde hace 34 años. ¡A todos muchas gracias! Y esperamos que el próximo año podamos volver a encontrarnos, estrechar las manos, darnos un cálido abrazo, y compartir los mates y las charlas que tanto se extrañan ahora!

Comisión Organizadora
XXXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos



ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN *Eucalyptus tereticornis* E IMPLICANCIAS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

Milena GONZÁLEZ¹, Gustavo BALMELLI²

RESUMEN

El Programa Forestal del INIA viene desarrollando un plan de mejoramiento genético de *Eucalyptus tereticornis* para mejorar productividad y forma del fuste. El comportamiento productivo del pool genético se evaluó en diferentes sitios hasta el noveno año. Los objetivos de este estudio fueron: (1) estimar los parámetros genéticos (heredabilidad, correlaciones genéticas e interacción genotipo ambiente) para características de crecimiento, bifurcación y rectitud del fuste, (2) orientar la estrategia de mejora para la segunda generación. La interacción genotipo ambiente para volumen y sobrevivencia fue moderada a baja. El análisis conjunto de los ensayos demostró que la heredabilidad aumentó con la edad de medición para todas las características (0,04-0,23), con valores moderados para las variables de crecimiento y bajos para forma del fuste. Las correlaciones genéticas entre las características de crecimiento a diferentes edades y el volumen al año 9 fueron positivas y elevadas, mientras que las correlaciones entre las características de forma de fuste (rectitud y bifurcación) y el volumen fueron moderadas a bajas. Los resultados obtenidos sugieren que es posible realizar una única unidad de mejora y que mediante selección temprana se maximizan las ganancias genéticas, se disminuyen los costos de evaluación y se obtiene semilla mejorada en menos tiempo.

Palabras clave: *heredabilidad, correlaciones genéticas, selección temprana*

1. INTRODUCCIÓN

Eucalyptus tereticornis es la especie de eucalipto cuya distribución natural tiene mayor amplitud en latitud: desde de Papúa-Nueva Guinea hasta el sur de Australia (6°-38° S). También tiene una amplia distribución altitudinal, que va desde el nivel del mar hasta 1000 m de altitud en Australia y 1800 m en Papúa-Nueva Guinea. A su vez, se encuentra tanto en áreas costeras como continentales (Brussa, 1994). La gran variedad de ambientes en los que *E. tereticornis* ha evolucionado constatan considerables diferencias entre procedencias que han sido reportadas en tasa de crecimiento y forma del fuste en varios países (Ginwal et al., 2004, Balmelli y Resquín, 1998, Otegbeye 1990, Chaturvedi et al., 1989). *E. tereticornis* fue introducido en Uruguay en 1853 y debido a su adaptación a una amplia variedad de suelos, fue una de las especies más cultivadas hasta mediados del siglo XX, principalmente para sombra y abrigo para el ganado, pero también con fines productivos (postes, madera para carpintería y pisos) y energía (leña y carbón vegetal).

En 2007, el INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) inicio un programa de mejoramiento genético de *E. tereticornis* con el propósito de producir semilla mejorada localmente, que permita a los productores aumentar el volumen y la rectitud del fuste de sus plantaciones con fuente de semilla evaluada localmente. Con el propósito de contribuir a la toma de decisiones en dicho programa y utilizando información obtenida en las pruebas de progenie de primera generación, en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: 1) estimar parámetros genéticos (heredabilidad, correlaciones genéticas e interacción genotipo ambiente) para características de crecimiento, bifurcación y rectitud del fuste y 2) orientar la estrategia de mejora para la segunda generación.

¹ Programa Forestal, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay. mileg2014@gmail.com

² Programa Forestal, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay. gbalmelli@inia.org.uy



2. MATERIALES Y MÉTODOS

La información analizada proviene de la población de selección de *E. tereticornis* del Programa Forestal del INIA. El pool genético está formado con tres fuentes de semilla: bosque nativo (procedencias australianas), representada por 100 familias; plantaciones comerciales locales (procedencias uruguayas), representada por 113 familias y 5 familias introducidas desde Argentina, provenientes del plan de mejoramiento genético del CIEF (Centro de Investigación y Experimentación Forestal). El comportamiento productivo del pool genético se evaluó en cuatro pruebas de progenie instaladas en diferentes sitios. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con parcelas de una planta y 19 a 21 repeticiones. Los componentes de varianza se estimaron mediante modelos mixtos utilizando máxima verosimilitud restringida en ASREML (Versión 3.0) (Gilmour et al., 2009). La interacción genotipo por ambiente se estimó mediante la correlación genética tipo B (Burdon, 1977). Entre el primer y noveno año se midió el crecimiento (altura y diámetro a la altura del pecho [DAP]), la forma del fuste (rectitud y bifurcaciones), la sobrevivencia y el volumen individual. La forma de fuste se midió mediante una escala subjetiva, del 1 al 3 para rectitud de fuste y de 0 a 2 para presencia de bifurcaciones, donde el mayor valor corresponde a árboles más torcidos y en el caso de las bifurcaciones se tomó en cuenta la altura del árbol donde se producían (0= sin bifurcaciones, 1= presencia de una bifurcación hasta la mitad de la altura del árbol y 2= presencia de bifurcaciones a partir de la mitad superior del árbol). Para la obtención del volumen individual (total, con corteza), se utilizó la función general de volumen de un cilindro perfecto, aplicando un factor de forma de 0,4; ya que no hay una ecuación de volumen ajustada para esta especie, se descuenta el 40% del volumen de un cilindro perfecto con las dimensiones del árbol para corregir el ahusamiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general los valores de heredabilidad aumentaron con la edad de medición (Cuadro 1), en coincidencia con lo reportado por varios autores (Tambarussi et al., 2015; Molina et al., 2001; Wei y Borralho, 1998).

Cuadro 1. Heredabilidad individual en sentido estricto para diferentes características y edades de medición en *Eucalyptus tereticornis*, estimadas para cada sitio por separado y para los cuatro sitios analizados en conjunto (errores estándar entre paréntesis).

Característica y edad (años)	Rivera	Reyles	Vergara	Carmen	Conjunto
Altura 1	0,11 (0,03)	0,41 (0,06)	0,06 (0,03)	-	0,04 (0,02)
Altura 3	0,16 (0,03)	0,35 (0,06)	0,19 (0,04)	0,25 (0,04)	0,16 (0,02)
Altura 5	0,12 (0,03)	0,28 (0,05)	-	-	0,13 (0,03)
Altura 9	0,14 (0,03)	0,32 (0,06)	0,26 (0,05)	0,25 (0,04)	0,19 (0,02)
DAP 3	0,17 (0,03)	0,38 (0,06)	0,12 (0,04)	0,22 (0,04)	0,13 (0,02)
DAP 5	0,17 (0,03)	0,34 (0,06)	-	-	0,19 (0,03)
DAP 9	0,21 (0,04)	0,33 (0,06)	0,33 (0,06)	0,27 (0,04)	0,23 (0,03)
Forma 5	0,10 (0,03)	0,09 (0,03)	-	-	0,05 (0,02)
Forma 9	0,11 (0,03)	0,12 (0,04)	0,15 (0,04)	0,18 (0,03)	0,12 (0,02)
Bifurcación 9	0,08 (0,03)	0,10 (0,04)	0,11 (0,03)	0,06 (0,02)	0,06 (0,01)
Volumen 3	0,16 (0,03)	0,39 (0,06)	0,07 (0,04)	0,22 (0,04)	0,10 (0,02)
Volumen 5	0,16 (0,03)	0,34 (0,06)	-	-	0,15 (0,03)
Volumen 9	0,19 (0,03)	0,30 (0,05)	0,28 (0,05)	0,27 (0,04)	0,20 (0,03)
Sobrevivencia 9	0,15 (0,03)	0,23 (0,06)	0,28 (0,05)	0,34 (0,05)	0,16 (0,03)

Las heredabilidades estimadas en sitios individuales son mayores que las estimadas en el conjunto de los sitios, ya que en el análisis de un sitio la varianza de la interacción genotipo por ambiente queda incluida en el componente de familia, sobreestimando el valor de heredabilidad. Tanto las características de crecimiento (altura, diámetro a la altura del pecho y volumen individual) como la sobrevivencia presentaron heredabilidades moderadas en el conjunto de los ensayos, mientras que las



características de forma de fuste (rectitud y bifurcaciones), heredabilidades bajas. Estos resultados demuestran que existen buenas posibilidades de mejorar tanto para las características de crecimiento (altura, DAP y volumen) como para la sobrevivencia. Por el contrario, los bajos valores de heredabilidad obtenidos para las características de forma de fuste indican un bajo grado de control genético, lo cual indica que tendrían una baja respuesta a la selección, tornándose difícil su mejoramiento (Cuadro 1).

Las altas correlaciones genéticas obtenidas entre el volumen individual a edades juveniles (3 y 5) y el volumen a los 9 años (Cuadro 2) sugieren que se puede realizar selección temprana, seleccionando las familias de mayor volumen a los 3 o 5 años de crecimiento, sin pérdidas considerables en el volumen al año 9. A su vez, las altas correlaciones genéticas obtenidas entre el DAP a diferentes edades y el volumen al año 9 sugieren que se puede seleccionar por DAP a edades tempranas sin disminuir sensiblemente las ganancias genéticas en volumen al año 9. En otras palabras, es posible realizar selección indirecta y temprana.

Cuadro 2. Correlaciones fenotípicas (r_p) y genéticas (r_g), estimadas a partir del análisis conjunto, para distintos caracteres y años de medición versus volumen individual al año 9 en *Eucalyptus tereticornis* (errores estándar entre paréntesis).

Característica y edad (años)	volumen al año 9	
	r_p ($\pm EE$)	r_g ($\pm EE$)
Altura 1	0,27 (0,014)	0,32 (0,140)
Altura 3	0,58 (0,013)	0,74 (0,049)
Altura 5	0,65 (0,011)	0,86 (0,050)
Altura 9	0,83 (0,063)	0,94 (0,015)
DAP 3	0,65 (0,010)	0,81 (0,042)
DAP 5	0,83 (0,006)	0,96 (0,022)
DAP 9	0,94 (0,002)	0,99 (0,004)
Forma 5	-0,25 (0,178)	-0,56 (0,150)
Forma 9	-0,15 (0,023)	-0,30 (0,100)
Bifurcaciones 9	0,20 (0,019)	0,41 (0,106)

La rectitud del fuste presentó una correlación genética negativa y valores moderados (-0,30), con el volumen individual al año 9. Dado que la escala utilizada para la evaluación de rectitud asignaba valores más altos a los árboles más torcidos, el signo negativo indica una relación deseable. La presencia de bifurcaciones presentó una correlación genética positiva y moderada con el volumen al año 9 (0,41), lo cual es no deseable ya que indica que a medida que aumenta una característica (volumen), aumenta la otra (presencia de bifurcaciones). Sin embargo, tanto en la rectitud del fuste como en las bifurcaciones, los valores absolutos de las correlaciones genéticas son moderados a bajos, lo que sugiere que la selección en volumen al año 9 no supondría ganancias ni pérdidas considerables en rectitud de fuste o presencia de bifurcaciones.

La correlación genética tipo B para volumen individual al año 9 fue alta y positiva, con un valor de 0,82, lo que sugiere que existe baja interacción genotipo por ambiente para esta característica. En el caso de la sobrevivencia al año 9, la correlación genética tipo B fue de 0,68, indicando una moderada interacción genotipo por ambiente.

Los parámetros genéticos obtenidos en este trabajo para las características de crecimiento demuestran que el volumen por árbol y el DAP tienen similares niveles de control genético y están altamente correlacionados. Esto sugiere que el DAP puede ser usado como criterio de selección, siendo una clara oportunidad para reducir costos y tiempo de medición, sin sacrificar ganancias por volumen, es decir que al seleccionar al año 9 por DAP prácticamente se obtendría la misma ganancia que seleccionando por volumen. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que la interacción genotipo por ambiente es relativamente baja, no siendo necesario realizar una unidad de mejora específica para un sitio determinado. En otras palabras, se puede llevar a cabo un único programa de mejoramiento



genético en *E. tereticornis* para todos los sitios, lo que implica la disminución de costos y esfuerzo en el programa de mejora.

4. CONCLUSIONES

La información generada con los parámetros genéticos estimados en la primera generación (heredabilidad, correlaciones genéticas, interacción genotipo por ambiente) permitieron orientar la primera generación de mejora y guiar la estrategia de evaluación y selección para la segunda generación. Se podría establecer una sola unidad de manejo en la segunda generación, seleccionar en base al DAP y hacer uso de la selección temprana con el fin de aumentar la ganancia genética, reduciendo el tiempo y los costos de evaluación del programa de mejora genética.

5. LITERATURA CITADA

- BALMELLI, G.; RESQUÍN, F. 1998. Alternativas forestales para sombra y abrigo en basalto. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto. Serie Técnica 102 INIA. Montevideo, Uruguay.357-367.
- BRUSSA, C. A. 1994. *Eucalyptus*: especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado. Hemisferio Sur. Montevideo. 328p.
- BURDON, R. 1977. Genetic correlation as a concept for studying genotype environment interaction in forest tree breeding. *Environments*.168-175.
- CHATURVEDI, A.N.; SIVAJI, P.; PRASAD, D.V.J. 1989. *Eucalyptus* provenance trials in Andhra Pradesh. *Indian Forester*.445-454.
- GILMOUR, A.R.; GOGEL, B.J.; CULLIS, B.R.; THOMPSON, R. 2009. ASReml User Guide Release 3.0. Hemel Hempstead, UK, VSN International Ltd.
- GINWAL, H.; KUMAR, P.; SHARMA, V.; MANDAL, A.; HARWOOD, C. 2004. Genetic variability and early growth performance of *Eucalyptus tereticornis* Sm. in provenance cum progeny trials in India. *Silvae Genetica*. 148-153.
- MOLINA, M.; GUTIÉRREZ, B.; IPINZA, R. 2001. Comportamiento de la heredabilidad y los "rankings" individuales en un ensayo de progenies-procedencias de *Eucalyptus nitens* en función del tiempo e intervenciones de raleo. *ResearchGate*. Chile.22
- OTEGBEYE, G.O. 1990. Provenance variation in *Eucalyptus tereticornis* in a field trial within the Northern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Silvae Genetica*. Nigeria. 103-107.
- TAMBARUSSI, E.V.; ABÍLIO, F.M.; HONÓRIO, A.B.; LEAL, S.H.; PALOMINO, E.C.; DE CARVALHO, E.V.; MORI, E.S. 2015. Estimativas de parámetros genéticos para la selección de clones de *Eucalyptus* en la región de Botucatu, SP. *Revista do Instituto Florestal*. 145-153.
- WEI, X.; BORRALHO, N. 1998. Use of individual tree mixed models to account for mortality and selective thinning when estimating base population genetic parameters. *Forest Science*. 246–253.



SEVERIDAD DE DAÑOS CAUSADO POR *Leptocybe invasa* Y CRECIMIENTO INICIAL EN CLONES DE EUCALIPTOS

Marcos A. ATANASIO¹, Lorena A.S. PERNOCHI¹, Leonel HARRAND²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la severidad de daños causados por *Leptocybe invasa* y el crecimiento en diámetro y altura, en un ensayo de clones híbridos de eucaliptos. La avispa de la agalla de los eucaliptos (*Leptocybe invasa*) es considerada una importante plaga forestal; en Argentina se encuentra desde 2010 representando una amenaza para las plantaciones comerciales. El trabajo se llevó a cabo en un ensayo de clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* y *E. grandis* x *tereticornis* integrado por 49 tratamientos y 4 repeticiones en un diseño de bloques completos al azar, ubicado en la EEA INTA Saenz Peña (Chaco). De acuerdo a las observaciones realizadas (a los 4, 6 y 12 meses) se hallaron niveles variables de daños por *L. invasa* en los diferentes materiales en estudio. De igual modo, la respuesta del crecimiento en diámetro y altura, a los 12 meses, fue variable según los materiales evaluados en este contexto.

Palabras clave: avispa de la agalla, eucalipto, altura, diámetro del cuello.

1. INTRODUCCIÓN

En la Provincia del Chaco desde 2010 se han iniciado algunas experiencias de plantación con especies de eucaliptos buscando impulsar la forestación con especies de rápido crecimiento (Ambroggio, 2010). Para establecer plantaciones rentables con especies exóticas como *Eucalyptus* spp, es necesario una selección de especies adecuadas a los sitios donde se plantará y objetivos de producción (Morais et al., 2011). La buena elección del material a utilizar posibilita la obtención de árboles con elevada sobrevivencia, de forma y crecimiento óptimo, y de menor susceptibilidad a plagas y enfermedades (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1995).

Los clones híbridos interespecíficos de eucaliptos permiten reunir en una planta características deseables como: forma, densidad de madera, crecimiento, tolerancia a heladas, plagas y enfermedades, etc. (Harrand, 2005). Estos materiales clonales se vienen desarrollando en la Mesopotamia Argentina desde 2002; el INTA cuenta con unos 150 clones híbridos en estudio (Harrand et al., 2016).

Una plaga considerada importante en las plantaciones es la “avispa de la agalla de los eucaliptos” (*Leptocybe invasa*) (Aquino et al., 2011). En Argentina se encuentra desde el año 2010, representando una amenaza potencial para las plantaciones de eucaliptos (Pensotti et al., 2012). Este insecto ataca a varias especies de eucaliptos, formando agallas sobre hojas, pecíolos y tallos. Producen daños particularmente en brotes jóvenes pudiendo deformar plantas y afectar su crecimiento cuando hay ataques masivos (Andorno et al., 2017).

El objetivo del presente estudio es evaluar la severidad de daños causados por *Leptocybe invasa* (Himenóptera: Eulophidae) y el crecimiento del diámetro y altura, en un ensayo de clones de eucaliptos en la provincia del Chaco.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en octubre de 2015 en la localidad de Presidencia Roque Saenz Peña, provincia del Chaco, ubicado a los 26° 49' 41" de latitud y 60° 26' 45,63" de longitud. Fue plantado con una densidad de 1.111 plantas/ha (3m x 3m), en un suelo de loma media tendida, clase de uso III, argiustol údico. El

¹ INTA Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña. atanasio.marcos@inta.gob.ar; pernochi.lorena@inta.gob.ar.

² INTA Estación Experimental Agropecuaria Concordia. harrand.leonel@inta.gob.ar



clima de la región es Subtropical intermedia entre marítima subhúmeda y continental seca, la precipitación promedio anual es de 999 mm, con lluvias concentradas entre octubre y abril y con meses críticos (junio a agosto) de escasas precipitaciones. La temperatura media anual es de 22,5 °C, máxima de 28,2 °C y mínima de 14,8 °C, con extremos de -8,7 °C en agosto y 44,2 °C en diciembre. Los días con peligro de heladas meteorológicas, van desde el 12 de mayo hasta el 26 de setiembre y de 174 días/año promedio en las heladas agro meteorológicas.

El diseño experimental empleado es de bloques completos al azar con 49 tratamientos (materiales) y 4 repeticiones (bloques). Los materiales evaluados (clones y de semilla) se detallan el Cuadro 1. Cada repetición consta de una parcela lineal de 4 plantas por tratamiento y todo el ensayo una bordura de doble línea con material de semilla *E. grandis*.

Para evaluar el nivel de daño causados por *L. invasa* se realizó un relevamiento en tres oportunidades (a los 4 meses, a los 6 meses y al año de plantación) registrando la severidad de daño en base a una escala visual con 6 niveles (0: planta sana, sin daños visibles; 1 - 4: niveles intermedios de infestación y 5: planta muy afectada) (Ramos, 2015). Para evaluar el crecimiento inicial se midió el diámetro a altura del cuello (DAC) en centímetros y altura total en metros. El análisis estadístico de las variables se realizó con el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2019), con el procedimiento Modelos Lineales Generales y Mixtos. Se realizó un análisis de correlación de rangos de Spearman, con la finalidad de detectar algún efecto entre el daño ocasionado por la avispa y el crecimiento al año de edad.

Cuadro 1. Clones y testigos de semilla

Material (clonal y de semilla)	Cantidad	Códigos de identificación de clones y orígenes de semillas
Clones (GC) <i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	31	8-9-24-27-52-58-59-82-84-86-88-90-92-93-95-96-97-99-101-107-109-111-115-116-118-119-12-122-132-133-134
Clones (GT) <i>E. grandis</i> x <i>E. tereticornis</i>	5	31-37-44-154-158
Clones (EG) <i>E. grandis</i>	9	1-22-36-155-157-164-9052005-10000008-10056410
Semilla <i>E. grandis</i>	1	HSP Concordia
Semilla <i>E. camaldulensis</i>	2	HSP Famaillá – Or. Petford
Semilla <i>E. tereticornis</i>	1	HSP Balcarce

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando la severidad de daño por ataque de *L. invasa*, se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los distintos materiales analizados, con niveles de significancia (p-valores <0,0001) para las tres oportunidades de observación (a los 4, 6 y 12 meses de edad). Durante el monitoreo a los 4 meses (febrero de 2016), los materiales que presentaron mayores niveles de severidad (entre 2 y 3) con agallas grandes en la nervadura central y deformación de hojas, fueron: GT-37, GC-(119, 95, 107, 111 y 132) y *E. tereticornis*-HSP Balcarce. Los materiales con menores síntomas de ataque a los 4 meses fueron los identificados según los códigos: EG-(164, 155, 10056410, 9052005), GT-44, GC-(90, 99, 134 y 88) (Figura 1). Diferentes niveles de ataques de *L. invasa* también fueron encontrados por Andorno et al. (2017) estudiando materiales genéticos de *E. camaldulensis*.

El efecto del ataque de *L. invasa* manifestó mayores niveles de severidad de daño a los 6 meses de plantación (abril 2016) en la mayoría de los materiales evaluados. Luego en el monitoreo efectuado al año de plantación (octubre de 2016) los niveles observados fueron similares a la evaluación de los 4 meses (Figura 2).

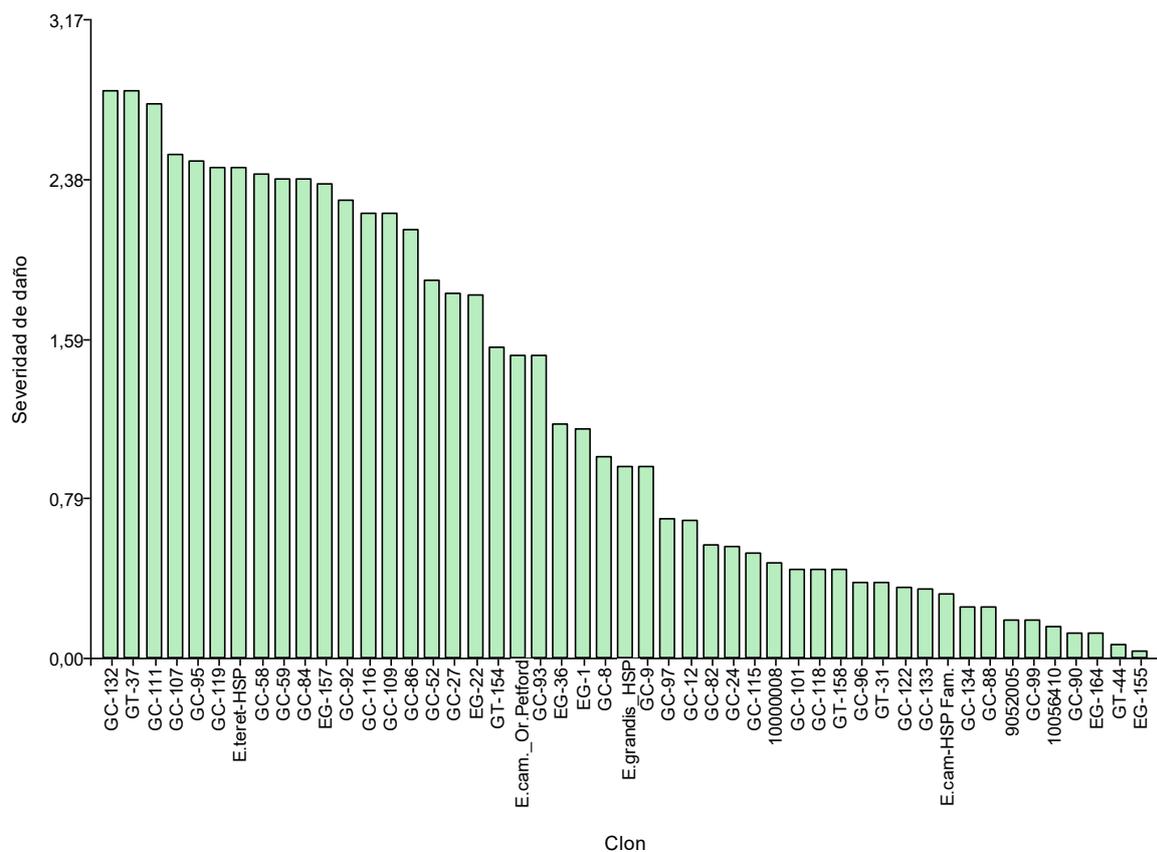


Figura 1. Severidad de daño por *L. invasa* observada a los 4 meses de edad en los diferentes materiales.

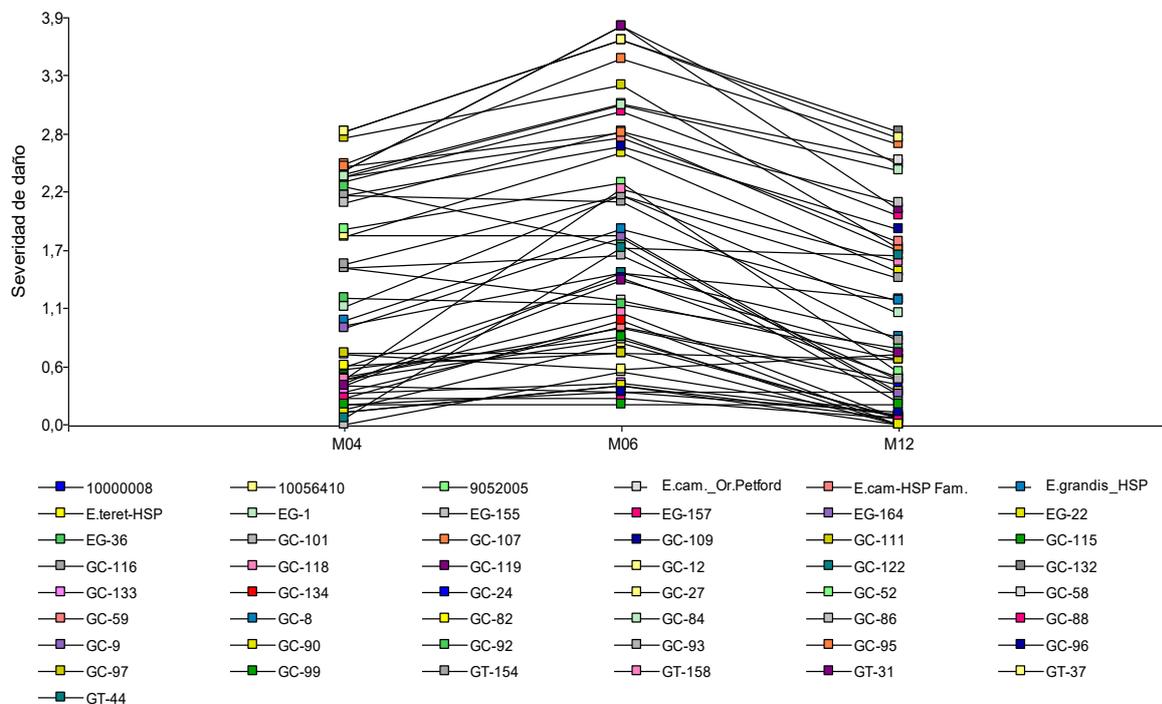


Figura 2. Perfiles de severidad de daños de *L. invasa*, por material según la edad de observación.

Analizando el crecimiento en DAC y altura total, al año de plantación se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados. En la Figura 3 se observa mediante la gráfica de perfiles, los valores medios de DAC y altura total para los diferentes materiales en un ranking



de mayor a menor. El promedio de crecimiento del lote fue de 4,18 cm en DAC y 2,25 m en altura. Se destacaron con mayor crecimiento en DAC y altura los clones GC-59 y GC-24. Los clones con menor crecimiento en DAC y altura fueron EG-155 y 10056410. Dos Santos Bobadilha et al. (2018) concluyen que el ataque de la avispa de la agalla provocó alteraciones en el crecimiento y composición química de los árboles de eucaliptos atacados.

El coeficiente de correlación de Spearman (r_s) entre el DAC y la Altura total fue de 0,9176 (p -valor $<0,0001$), mientras que la severidad de daño, con DAC y con Altura total, baja (DAC/Sev $r_s=0,1302$ p -valor=0,373; Alt/Sev $r_s=0,1629$ p -valor=0,264), es decir que, hasta ese momento, no se observó un efecto entre el daño apreciado y el crecimiento.

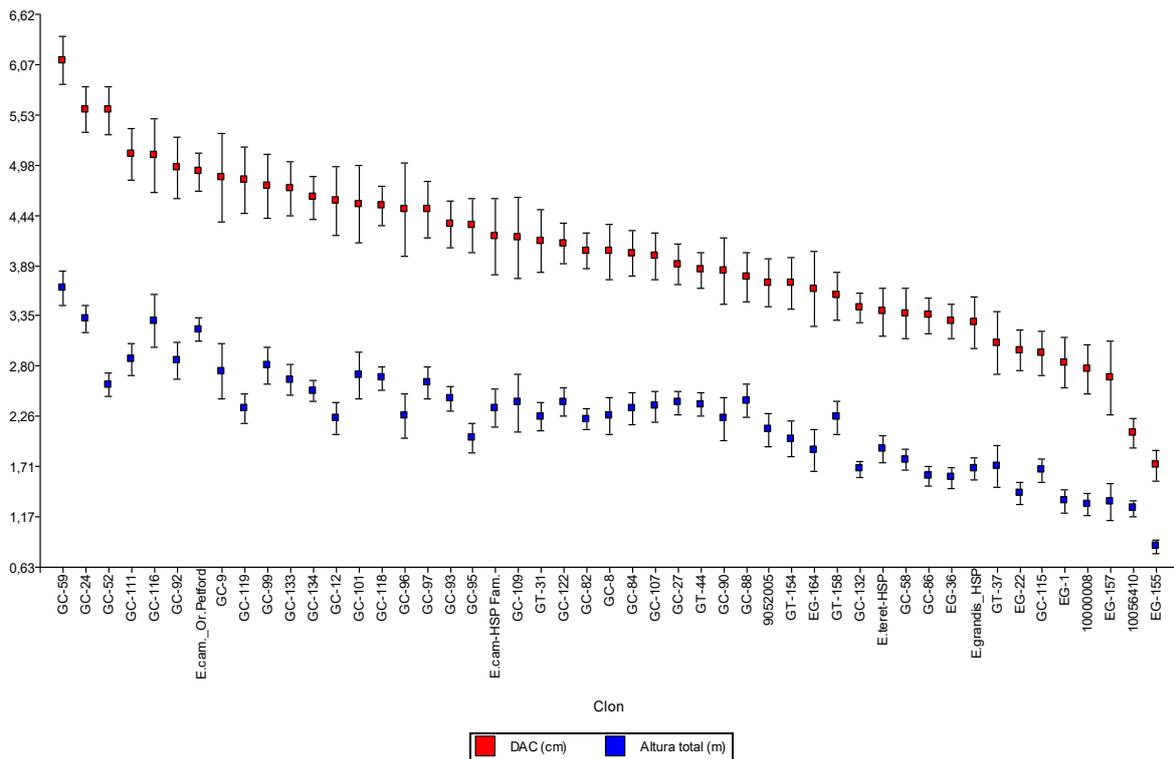


Figura 3. Altura total (m) y DAC (cm) según material implantado, con 1 año de edad.



Figura 4. Imágenes de agallas provocadas por *L. invasa* nivel de severidad 3 en clones de eucaliptos.



4. CONCLUSIONES

De acuerdo a las observaciones realizadas se hallaron niveles variables de daños por *L. invasa* en los diferentes materiales en estudio. De igual modo, la respuesta del crecimiento en DAC y altura fue variable según los materiales evaluados en este contexto. No se observó relación entre la severidad del daño y el crecimiento.

Se recomienda continuar el estudio del crecimiento y productividad y su relación con la resistencia al ataque de *L. invasa*, y evaluar la tolerancia a heladas de estos materiales, en diferentes sitios de la región, a los efectos de poder seleccionar aquellos que se adapten mejor y brinden mayor productividad.

5. LITERATURA CITADA

- AMBROGGIO, N., 2010. Periodismo agropecuario. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección de Bosques de la Provincia del Chaco. disponible en <<http://direcciondebosques.blogspot.com/2010/09/hacia-la-implantacion-de-bosques-de.html>>. 02 de septiembre de 2010.
- ANDORNO, A.V.; DAVESNE, R.; PALAZZINI, D.A.; HERNÁNDEZ, C.M.; PATHAUER, P.S. 2017. Susceptibilidad de *Eucalyptus camaldulensis* al ataque de *Leptocybe invasa* (Hymenóptera: Eulophidae). XXXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, octubre de 2017.
- AQUINO, D.A.; BOTTO, E.N.; LOIÁCONO, M.S.; PATHAUER, P. 2011. "Avispa de la agalla del eucalipto", *Leptocybe invasa* Fischer & Lasalle (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae), en Argentina. RIA Revista de Investigaciones Agropecuarias. ISSN: 0325-8718, vol. 37, núm. 2: 159-164. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., Robledo C.W. InfoStat versión 2019. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- DO SANTOS BOBADILHA, G.; VIDAURRE, G.B.; CAMARA, A.P.; VALIN, M.; DA SILVA OLIVERA. J.T.; SOLIMAN, E.P.; MARTINEZ LOPEZ, Y. 2018. Efecto del ataque de *Leptocybe invasa* en plantaciones de eucalipto destinadas a la producción de pulpa de celulosa kraft. Maderas. Ciencia y tecnología 20(2): 171 – 182. ISSN online 0718-221X.
- HARRAND, L. 2005. La utilización de híbridos interespecíficos como alternativa forestal. IDIA XXI. Año V. N°8: 171-174.
- HARRAND, L.; OBERSCHELP, J.; SALTO, C.; MARCÓ, M.; LÓPEZ, J.A. 2016. Ensayos clonales de especies e híbridos de *Eucalyptus*. Domesticación y Mejoramiento de Especies Forestales. ISBN 978-897.1873-40-1:61-62. Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria. 1995. Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Grupo Forestal, EEA INTA Concordia. Entre Ríos, Argentina. 163 pp.
- MORAIS, E.; SCATENA ZANATTO, A.; TEIXEIRA De MORAES, M.; MENEZES FREITAS, M.; MAGNO SEBBENN, A. 2011. Comportamento e variação de procedências de *Corymbia citriodora* em diferentes tipos de solos. *Floresta* 41 (2): 277-286.
- PENSOTTI, S.; MENDY, M.V.; POMBO, M.J. 2012. Control de la avispa de la agalla del Eucalipto *Leptocybe invasa* Fisher & Lasalle. XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos Concordia, octubre de 2012.
- RAMOS, A. 2015. Efecto de insecticidas sobre la formación y desarrollo de las agallas de *Leptocybe invasa* en eucaliptos. Revista FAVE-Ciencias Agrarias 14 (2). ISSN 1666-7719.



EVALUACIÓN DE NUEVAS ESPECIES DE EUCALIPTOS PARA FRÍO EN EL DELTA BONAERENSE

María Silvana MONTEVERDE¹, Juan SCHAPOVALOFF¹, Germán RAUTE¹, Ignacio FOSCO¹, Ricardo AUSTIN¹

RESUMEN

El Delta Inferior o Bajo Delta es la principal cuenca forestal de Salicáceas (álamos y sauces) del país, que durante los últimos años, junto con la sistematización de los campos, comenzó una etapa de diversificación forestal que incluyó la incorporación del género *Eucalyptus*. Si bien el Delta presenta características edafoclimáticas que permiten su cultivo, la ocurrencia de heladas intensas que generan daño y reducen el rendimiento de las forestaciones, hace necesario ensayar especies alternativas, con mayor tolerancia que el *E. grandis*. En este trabajo se evalúan 6 especies tolerantes al frío seleccionadas por CAMCORE: *E. nitens*, *E. dunnii*, *E. macarthurii*, *E. smithii*, *E. benthamii* y *E. saligna*, con 3 fuentes semilleras de *E. grandis* como tratamientos testigos. Los resultados preliminares obtenidos demostraron que *E. benthamii* y *E. dunnii* presentaron buena adaptación y crecimiento en estas condiciones, concluyendo que pueden ser consideradas como especies alternativas para el cultivo de eucalipto en el Delta. No obstante, será necesario continuar evaluándolas, junto con otras especies, por un mayor tiempo y en un mayor número de sitios representativos de la región, teniendo en cuenta otras variables de interés como la calidad de madera.

Palabras clave: *Eucalyptus spp.*, adaptación, sobrevivencia, crecimiento, heladas

1. INTRODUCCIÓN

El Delta del Paraná constituye un macromosaico de humedales con unidades ambientales diferenciadas por un patrón de paisaje y un régimen hidrológico (Pereyra et al., 2019). El sector conocido como Delta Inferior o Bajo Delta, es la principal cuenca forestal de Salicáceas (álamos y sauces) del país (Borodowski et al., 2014). Durante los últimos años, producto de la mejora obtenida con la sistematización para el manejo del agua, se inició una etapa de diversificación forestal productiva que incluyó la incorporación del cultivo de especies del género *Eucalyptus* en los albardones (Bunse y Gioia, 2005). Esta elección no fue solo por las características de rápido crecimiento inicial y grandes incrementos de volumen por hectárea de las especies que componen este género, sino también por la cercanía de la región a los diversos mercados que consumen su madera (Borodowski y Suárez, 2002).

Si bien el Delta presenta características edafoclimáticas que permiten el cultivo de eucalipto, la ocurrencia de heladas intensas que generan daño y reducen el rendimiento de las forestaciones, hace necesario ensayar especies con una mayor tolerancia, alternativas a *E. grandis*, que habitualmente se cultiva en la Mesopotamia (FAO, 1981; Guarnaschelli et al., 2017). Diversos estudios demuestran que existen diferencias entre y dentro de especies, e inclusive procedencias de una misma especie, en las respuestas de crecimiento y la tolerancia al frío (Harrand y Marcó, 2012; Oberschelp et al., 2016). Esto es importante pues en los últimos años están sucediendo eventos asociados al cambio climático global como reducción del período invernal, mayor intensidad de heladas y mayor variabilidad de temperaturas (Malyshev et al., 2016).

Por ello, ARAUCO Argentina S.A. (AASA) introdujo semillas de especies tolerantes al frío seleccionadas por CAMCORE (*Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative*), con el objetivo de evaluar la tolerancia al frío, la adaptación a las condiciones edáficas del Delta y estimar el rendimiento

¹ ARAUCO Argentina S.A. Gerencia Forestal. E-mail de contacto: juan.schapovaloff@arauco.com



volumétrico por hectárea. En el presente trabajo se muestran los resultados a los 6 años de edad obtenidos en un ensayo ubicado en el Delta bonaerense.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue instalado el 18 de octubre de 2011, en el predio forestal AASA “El Oasis” (34° 00' S - 58° 51' W – 9 m s.n.m.), ubicado en el Partido de Campana, Buenos Aires, con acceso terrestre a la altura del Km 103 de la Ruta Nacional N°12. Este predio se encuentra rodeado por un dique perimetral que actúa como protección frente a inundaciones y cuenta con un sistema de compuertas, bombas de extracción y canales primarios y secundarios para el manejo del agua.

El diseño fue en BCA con 5 repeticiones y parcelas de 36 plantas (6 x 6) con un distanciamiento de 3 m x 2,5 m (1333 plantas/ha). La textura del suelo es franco-arcilloso-limoso. La preparación del terreno incluyó una pasada de rastra, subsolado, alomado y controles de malezas con herbicidas y de hormigas con cebos. Los plantines fueron producidos en el vivero Y'porá de AASA ubicado en Puerto Esperanza, Misiones, en tubetes de 140 cm³. Las especies evaluadas fueron 6 del programa *Benchmark Study* de CAMCORE y se emplearon como tratamientos testigos a 3 fuentes semilleras de *E. grandis* de diferente procedencia (Cuadro 1).

Cuadro 1. Detalle de los materiales incluidos en el ensayo.

Especie	Origen	País	Estado/Pcia.	Procedencia	Código
<i>E. nitens</i>	CAMCORE	Sudáfrica		APS Sappi	ENI
<i>E. dunnii</i>	CAMCORE	Sudáfrica		APS Sappi	EDU
<i>E. macarthurii</i>	CAMCORE	Sudáfrica		APS Sappi	EMA
<i>E. smithii</i>	CAMCORE	Sudáfrica		APS Sappi	ESM
<i>E. benthamii</i>	CAMCORE	Sudáfrica		APS Sappi	EBE
<i>E. saligna</i>	CAMCORE	Sudáfrica		HSC Merensky – 4° generación	ESA
<i>E. grandis</i>	AASA	Brasil	Parana	HSC Fazenda Monte Alegre, Klabin SA	HSC_MA
<i>E. grandis</i>	AASA	Argentina	Corrientes	APS Kendall, Pomera SA	APS_KE
<i>E. grandis</i>	AASA	Argentina	Misiones	HSP Bosetti, AASA	HSP_BO

A los 1,8 años de edad se registró sobrevivencia, altura total (Ht, m), sanidad y daños por helada. A los 4 y 6 años de edad, además se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP, cm).

Los datos fueron analizados con el software estadístico SAS, versión 9.4. Con las variables altura y DAP se calculó el incremento medio anual (IMA, m³/ha/año) y el volumen medio y total por hectárea esperado a los 6 años de edad. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. De la sobrevivencia, sanidad y daño por heladas se realizó un análisis descriptivo de lo registrado.

En cuanto al manejo y sistematización se realizaron controles de malezas y hormigas más intensivos los primeros años y luego los convencionales para mantener en buen estado general el ensayo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sobrevivencia general del ensayo a los 1,8 años de edad fue del 63%, siendo *E. dunnii* y *E. benthamii* las especies con mayor sobrevivencia, con un 74% y 73% respectivamente. Esto es consistente con lo obtenido por otros investigadores para diferentes orígenes y procedencias de *E. dunnii* en la región del Delta (Borodowski y Suárez, 2002; Bunse y Gioia, 2005) y en diversos ambientes de Entre Ríos (Harrand et al., 2016). También se corresponde con lo observado en plantaciones operacionales de AASA en los diferentes predios de la región del Delta. Cabe resaltar el hecho de que a los 1,8 años, *E. nitens* presentaba un 65% de sobrevivencia, pero a los 6 años solo un 12%. Esto puede relacionarse con problemas de adaptación ya que dicha especie naturalmente se desarrolla en sitios donde la media máxima del mes más cálido es de 24 °C, y en esta región es de 29,7 °C y con mayor humedad, lo que tiene un efecto fisiológico directo que se evidencia con una menor supervivencia y menor crecimiento (FAO, 1981). Algo similar sucedió con *E. smithii* que manifestó problemas sanitarios como se describe más adelante.



Desde diciembre de 2015 y hasta junio de 2016, la región del Delta sufrió una importante crecida a causa de las lluvias desarrolladas en la cuenca media del Paraná y centro y sur del Litoral (Pereyra et al., 2019). Esto provocó la rotura del dique perimetral del predio en abril de 2016, ocasionando que el agua ingresara al ensayo y permaneciera en superficie hasta el mes de mayo, evidenciado por las marcas en los árboles de 40 a 70 cm desde el suelo en función del relieve del lote (Imagen 1). La especie más afectada fue *E. macarthurii*, observando árboles con las ramas inferiores secas y un cambio de color hacia un rojizo intenso en la corteza del fuste (Imagen 1). También *E. nitens* y *E. smithii* se mostraron afectados, aunque los árboles estaban ya debilitados por sus problemas de adaptación.



Imagen 1: Vista general del ensayo y detalle de *E. macarthurii* en octubre de 2016 post-inundación.

Con respecto a la sanidad, a los 4 años se observaron en los árboles de *E. smithii* signos compatibles a los ocasionados por el taladro del eucalipto, *Phoracantha spp.* y por la avispa taladradora de latifoliadas, *Tremex fuscicornis* (Imagen 2). Las larvas de *Phoracantha* taladran superficialmente el tronco y las ramas principales, luego se internan en la madera taladrando en todas las direcciones por lo que se ve afectada la circulación de la savia y los árboles terminan por secarse en pie. Las larvas de *Tremex* también taladran la madera formando galerías en su interior, pero además las hembras de esta avispa al colocar sus huevos, inyectan esporas del hongo simbiote y mucus tóxico que deterioran la madera dejándola prácticamente inutilizable. Además, causan defoliación, clorosis y debilitamiento del árbol, pudiendo a llegar a matar árboles en pie y a los 6 años la sobrevivencia de esta especie era del 26%, lo que demuestra problemas de adaptación que provoca que sean más susceptibles a padecer enfermedades.



Imagen 2: Árboles de *E. smithii* con signos compatibles de ataque de *Phoracantha spp.* y *Tremex fuscicornis*.

No se observaron daños graves por heladas en ninguna de las especies evaluadas ni en los testigos, pudiendo deberse esto último a un atemperamiento del efecto por la cercanía a los cursos de agua.

En cuanto a las variables dasométricas, se presenta la sobrevivencia (%), las medias de altura total (m), de DAP (cm) y de volumen (m³) a los 6 años de edad (Cuadro 2 y Gráfico 1). Para el cálculo no se



tuvo en cuenta el bloque 5 por la elevada cantidad de fallas que presentaba debido a que el sitio era el más bajo del lote.

Para la variable volumen medio no se encontraron diferencias significativas entre parcelas ($F = 2,73$; $P = 0,0704$) pero sí entre procedencias ($F = 4,33$; $P = 0,0114$).

Cuadro 2. Supervivencia (SOB, %), medias de altura total (Ht, m), de DAP (cm) y de volumen medio (Vm, m³) de las especies del género *Eucalyptus* evaluadas en el Delta a los 6 años de edad. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para la prueba de Tukey para la variable Vm.

Código	Especie	SOB (%)	Ht (m)	DAP (cm)	Vm (m ³)	Tukey Vm
ESM	<i>E. smithii</i>	33	20,03	18,7	0,241	a
EDU	<i>E. dunnii</i>	73	20,49	17,7	0,215	ab
EBE	<i>E. benthamii</i>	75	21,13	17,1	0,200	bc
HSC_MA	<i>E. grandis</i>	59	20,7	16,4	0,185	bcd
EMA	<i>E. macarthurii</i>	55	17,75	16,9	0,175	cde
APS_KE	<i>E. grandis</i>	47	18,64	16	0,171	cde
HSP_BO	<i>E. grandis</i>	53	18,64	15,4	0,162	de
ESA	<i>E. saligna</i>	49	17,2	15,1	0,146	e
ENI	<i>E. nitens</i>	15	10,88	10,6	0,049	f

E. smithii presentó el mayor volumen medio, desde los primeros años del ensayo, pero por problemas de adaptación y sanitarios presentó un importante porcentaje de fallas, aunque no se diferenció de *E. dunnii*. Si bien *E. dunnii* y *E. benthamii* no se diferenciaron significativamente de los testigos en cuanto a volumen, presentaron mayor supervivencia. Mientras que *E. nitens* se diferenció significativamente del resto de las especies por su menor crecimiento y baja supervivencia (gráfico 1).

VOLUMEN MEDIO (m³) Y SOBREVIVENCIA AL 6° AÑO

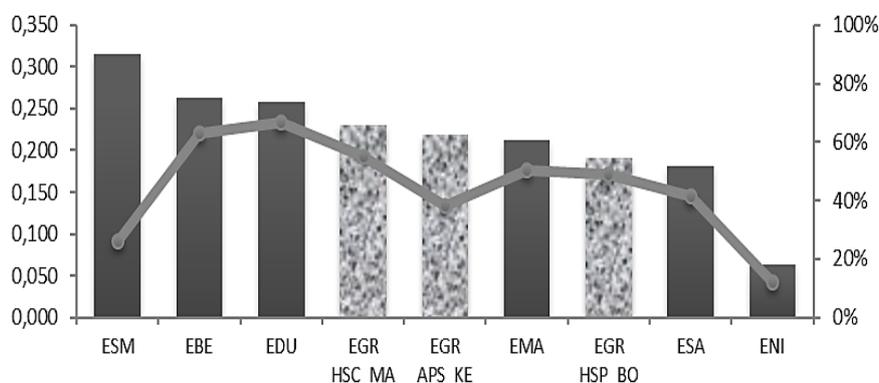


Gráfico 1: Volumen medio (m³) y supervivencia (%) al 6° año de las especies de eucalipto evaluadas. Barras sólidas: especies de CAMCORE. Barras con degradado: tratamientos testigos. Línea: supervivencia.

Con las variables evaluadas se estimó el incremento medio anual (IMA, m³/ha/año) y el volumen total por hectárea (m³), que si bien tiene en cuenta la supervivencia no considera la altura aprovechable (sino la total) ni las pérdidas por cosecha, por lo que resulta ser mayor que el volumen real (Cuadro 3).

Cuadro 3. Volumen total por hectárea (m³) e IMA (m³/ha/año) de las especies de eucalipto evaluadas.

Código	Especie	Plantas/ha	Vol/ha (m ³)	IMA (m ³ /ha/año)
EDU	<i>E. dunnii</i>	973	209,41	34,90
EBE	<i>E. benthamii</i>	1000	199,75	33,29
HSC_MA	<i>E. grandis</i>	786	145,81	24,30
EMA	<i>E. macarthurii</i>	733	128,23	21,37
HSP_BO	<i>E. grandis</i>	706	114,59	19,10
APS_KE	<i>E. grandis</i>	627	107,20	17,87
ESM	<i>E. smithii</i>	440	106,01	17,67
ESA	<i>E. saligna</i>	653	95,10	15,85
ENI	<i>E. nitens</i>	200	9,70	1,62



A fin de realizar una evaluación más amplia de las especies ensayadas, a los 8 años de edad se aparearon 5 árboles de cada especie (excepto de *E. macarthurii*, que solo se aparearon 4) para estimar la densidad básica de la madera y caracterizar la aptitud pulpable a través de la Tecnología NIR (Near Infra Red), espectroscopía en el infrarrojo cercano.

4. CONCLUSIÓN

Nuestros resultados preliminares muestran que *E. benthamii* y *E. dunnii* fueron las especies que mejor adaptación y crecimiento presentaron en las condiciones particulares del Delta, por lo que podrían considerarse como especies potencialmente alternativas para el cultivo de eucalipto en esta región.

Sin embargo, es necesario continuar evaluando éstas y otras especies, por un mayor tiempo y en un mayor número de sitios representativos de la región y además, teniendo en cuenta otras variables de interés como la calidad de madera.

* Se agradece especialmente al grupo forestal del predio "El Oasis" por el cuidado del ensayo.

5. LITERATURA CITADA

- BORODOWSKI, E.D.; SUÁREZ, R.O. 2002. *Eucalyptus spp.* en la región del Delta del Paraná: Resultados a cinco años en ensayo comparativo de *E. dunnii*, *E. globulus ssp. maidenii* y *E. viminalis*. XVII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia: 9 p.
- BORODOWSKI, E.D.; SIGNORELLI, A.; BATTISTELLA, A. 2014. Salicáceas en el Delta del Paraná: situación actual y perspectivas. Jornadas de Salicáceas - Cuarto Congreso Internacional de las Salicáceas en Argentina: La Plata, Buenos Aires.
- BUNSE, G.; GIOIA, C. 2005. Ensayo de productividad de especies de *Eucalyptus* en el delta entrerriano. Resultados a los 6,8 años. Informe interno del Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF). Buenos Aires: 6 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO Montes N° 11: 723 p.
- GUARNASCHELLI, A.B.; LUPI, A.M.; OBERSCHELP, J.P. 2017. Fertilización inicial en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en suelos arenosos: crecimiento, supervivencia y tolerancia a heladas. Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia: 5 p.
- HARRAND, L.; MARCÓ, M.A. 2012. Investigación sobre el desarrollo de material tolerante al frío. XXVI Jornadas Forestales de Entre Ríos, Concordia: 8 p.
- HARRAND, L.; OBERSCHELP, G.P.J.; SALTO, C.S.; MARCÓ, M.A. 2016. Evaluación de comportamiento de especies de eucaliptos en ambientes de Entre Ríos. VII Reunión GEMFO, San Miguel de Tucumán, Tucumán: 21-24 pp.
- MALYSHEV, A.V.; ARFIN KHAN, M.A.S.; BEIERKUHNLEIN, C.; STEINBAUER, M.J.; HENRY, H.A.L.; JENTSCH, A.; DENGLER, J.; WILLNER, E.; KREYLING, J. 2016. Plant responses to climatic extremes: within-species variation equals among-species variation. *Global Change Biology* 22: 449-464.
- MAREGGIANI, G.; GOROSITO, N.; GIMENEZ, R. 2012. Guía de plagas forestales y su manejo: álamo, eucalipto, pino, sauce. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires: 80 p.
- OBERSCHELP, G.P.J.; GUARNASCHELLI, A.B.; MARGARIT, E.; PODESTÁ, F.; TESÓN, N.; HARRAND, L. 2016. Primeros resultados de la evaluación de la tolerancia a estrés por temperaturas de congelación en tres especies de *Eucalyptus*. VII Reunión GEMFO, San Miguel de Tucumán, Tucumán: 49-52 p.
- PEREYRA, A.; GONZÁLEZ, A.; LEIVA, C.; SABAROTZ, P.; VENTURA, P. 2019. Fenómenos hidrometeorológicos en el bajo delta bonaerense el riesgo de inundación desde la percepción de los pobladores isleños. VII Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas y XXI Jornadas de Geografía de la UNLP. La Plata, Buenos Aires: 21 p.
- SAS 9.4 (Statistical Analysis System). 2013. SAS Institute, Cary, NC.



SELECCIÓN DE SAUCES ARBÓREOS PARA APLICACIÓN EN CULTIVOS DE CORTA ROTACIÓN

Teresa CERRILLO¹; Sabrina LOVAL¹; Jorgelina GRANDE²; Ignacio FOSCO³; Juan Manuel GARCÍA CONDE⁴; Ricardo AUSTIN³; Manuel GARCÍA CORTÉS¹; César FUENTES⁴; Marcos JOUANNY²

RESUMEN

Los sauces (*Salix* spp) tienen aptitud para producir biomasa en ciclos cortos, existiendo ejemplos para este fin, sobre todo en países del hemisferio norte. Con el objetivo de detectar material genético adaptado al ambiente y aptos para esta aplicación, se probaron 25 genotipos arbóreos de sauces del Programa de Mejoramiento Genético del INTA. La evaluación se efectuó en dos ensayos de tres años instalados en el Delta del Paraná. Además de estos experimentos, se consideró información de diez años obtenida de estaqueros de propagación a densidades similares. Los genotipos que mostraron la mayor producción de biomasa y mejor adaptación fueron: Ibicuy INTA CIEF (*Salix nigra* x?), Yaguareté INTA CIEF (*Salix alba* x?), Lezama INTA CIEF (*Salix matsudana* x *S nigra*) y los genotipos experimentales "97.24.05" (*Salix amygdaloides* x?), "94.13.06" (*Salix matsudana* x *S alba*) y "95.07.11" (*Salix matsudana* x?).

Palabras clave: *Salix*, SRC, biomasa, clones, dendroenergía

1. INTRODUCCIÓN

Las fuentes renovables de energía constituyen una estrategia clave para fortalecer la provisión en muchos países; en este sentido, se destaca la dendroenergía; Italia, Estados Unidos y Suecia son ejemplos del trabajo en ello (Facciotto, 2009). La biomasa leñosa puede aprovecharse a través del uso de residuos, o bien a partir de plantaciones establecidas específicamente con esa finalidad, denominadas cultivos de corta rotación (SRC, Short Rotation Coppice). Esta estrategia no solo es capaz de proporcionar en un tiempo relativamente corto cantidades significativas de madera sino que, además, puede aportar al secuestro de carbono y a la mitigación del cambio climático (Klašnja et al. 2013). Los sauces (*Salix* spp) resultan muy adecuados para esta aplicación debido a la fácil propagación agámica, el rápido crecimiento, la aptitud para producir eficientemente a altas densidades de plantación y la capacidad para rebrotar después de cada cosecha, lo que permite el aprovechamiento en un lapso que generalmente supera los diez años (Rosso et al., 2014; Doffo et al., 2017).

En Argentina hay disponibles sauces mejorados registrados por el INTA en el RNC del INASE y, además, una serie amplia de genotipos experimentales, resultado del programa de mejora genética de INTA, en convenio con empresas y en articulación con grupos de productores. La meta principal es producir, en macizos a turnos tradicionales (9-12 años), madera de calidad para las industrias consumidoras para usos sólidos, papel para diarios y embalaje, tableros de partículas (Cerrillo et al., 2019) o bien en sistemas silvopastoriles (Casaubón et al., 2017). Con el fin de explorar la selección de materiales adaptados para esquemas de rotación corta, se desarrolló el presente trabajo de evaluación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 2 ensayos localizados en el delta bonaerense, comparando un total de 22 sauces arbóreos a alta densidad, cuyo detalle se presenta en Cuadro 1.

¹ EEA Delta del Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Paraná de las Palmas y Canal L. Comas (2804) Campana, Buenos Aires cerrillo.teresa@inta.gob.ar.

² Papel Prensa SA

³ Arauco Argentina.

⁴ Consultor forestal privado

**Cuadro 1.** Genotipos evaluados en los ensayos A y B.

Genotipos experimentales	Sitio	Pedigree
94.08.03; 94.08.126; 94.11.01; 94.13.06; 95.12.06; 96.01.02	A	<i>S. matsudana</i> x <i>S alba</i>
94.08.43	B	
95.07.09	A	<i>S. matsudana</i> x?
95.07.07; 95.07.11	A, B	
97.24.05; 97.24.07	A, B	<i>S. amygdaloides</i> x ?
C-13-21; C-13-37; C-13-113	A	<i>S. matsudana</i> x (<i>Sx argentinensis</i> x <i>S alba</i>)
Genotipos registrados	Sitio	Pedigree
Carapachay INTA-CIEF; Los Arroyos INTA-CIEF; Barrett 13-44 INTA (testigo en A)	A, B	<i>S. matsudana</i> x <i>alba</i>
Yaguareté INTA-CIEF	A, B	<i>S. alba</i> x ?
Ibicuy INTA-CIEF	A, B	<i>S. nigra</i> x ?
Lezama INTA-CIEF	A, B	<i>S.matsudana</i> x <i>nigra</i>
Alonzo nigra 4 INTA (testigo en A)	A	<i>S. nigra</i>

Todos los tratamientos también estuvieron establecidos en los estaqueros C y D, que suministraron información complementaria acerca de la supervivencia a lo largo de 10 ciclos anuales de corte.

Sitios

Ensayo A: en pajonal sistematizado, con alta protección a inundaciones, en el predio forestal Oasis de Arauco Argentina, Zárate, Buenos Aires. Se utilizó diseño en bloque completos al azar (DBCA), con 21 genotipos, 9 plantas por parcela, 4 repeticiones. Espaciamiento de 1,0 × 1,0 m.

Ensayo B: en pajonal sistematizado, con alta protección, en el Establecimiento “Las Rosas”, Edutech Argentina SA, Campana, Buenos Aires. DBCA con 10 genotipos, 9 plantas por parcela. Espaciamiento de 3,0 × 1,0 m.

Estaqueros: ambos a 1,0 x 0,5 m, también en áreas con alta protección a inundaciones.

Sitio C: en Establecimiento “Las Carabelas”, Papel Prensa SA, Campana, Buenos Aires.

Sitio D: en el campo Experimental de la EEA Delta del Paraná, Campana, Buenos Aires.

Mediciones y análisis:

Al tercer año se midió diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de la rama principal (guía) y número de ramas/planta y se estudió la densidad de la madera (llevada a peso seco). Con los datos obtenidos se calculó la biomasa producida por clon (expresada en kg/planta), siendo la variable considerada para realizar las comparaciones entre genotipos en esta instancia de evaluación (“*screening*”).

Adicionalmente, sobre la base de las mediciones realizadas, se aplicó una ecuación de regresión diámetro peso elaborada por regresión para sauces con orígenes similares (Cerrillo et al, 2008) $Dw = DAP^{2.107687}$ donde: Dw: peso seco = biomasa seca por cepa (g/árbol); DAP: diámetro a la altura del pecho de las ramas o guías (en mm).

Para la evaluación del crecimiento se realizó el ANOVA. Habiéndose detectado diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se compararon éstas mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). El procesamiento de datos se realizó por el programa InfoStat Versión 2016 (Di Rienzo et al, 2016).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa

Sitio A: el ANOVA mostró diferencias significativas entre clones. Realizado el contraste de medias, un primer grupo de siete clones resultó equivalente estadísticamente (en verde en Gráfico 1); el mejor fue ‘Ibicuy’ (media= 2,15 kg/planta ± 0,17), seguido por: ‘Yaguareté’, ‘Lezama’, ‘97.24.05’, ‘94.13.06’, ‘94.08.03’, y ‘95.07.11’. La media fue de 1,10 kg/planta. El lote estuvo sometido a anegamiento entre enero-julio del primer año, ocasionando disminución del crecimiento, por lo que los valores deben tomarse como referencia y de carácter comparativo entre clones.

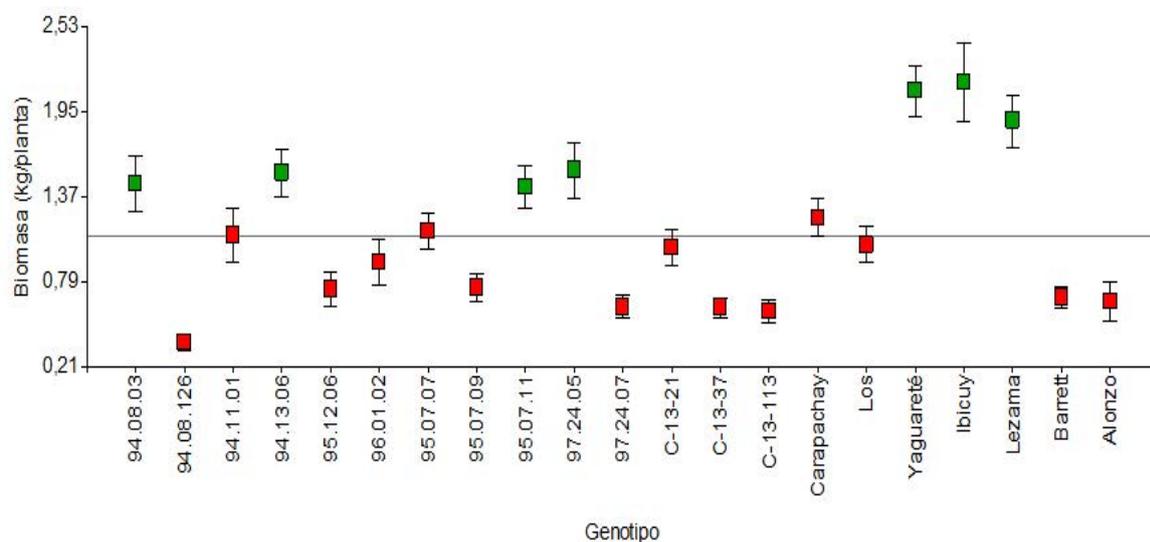


Gráfico 1. Biomasa (kg/planta) producida por el material genético evaluado en Sitio A.

Sitio B: también se observaron diferencias significativas entre tratamientos, destacándose el clon Ibicuy, con una media de 3,87 kg/planta \pm 0,31, que resultó equivalente estadísticamente con el clon Yaguareté y el genotipo experimental "97.24.05" (los tres en verde en el Gráfico 2). La media del ensayo fue de 2,48 kg/planta. Para interpretar los crecimientos relativos de ambos ensayos, debe tenerse en cuenta la menor densidad de plantación del ensayo en el sitio B (3.333 pl/ha) respecto al de sitio A (10.000 pl/ha).

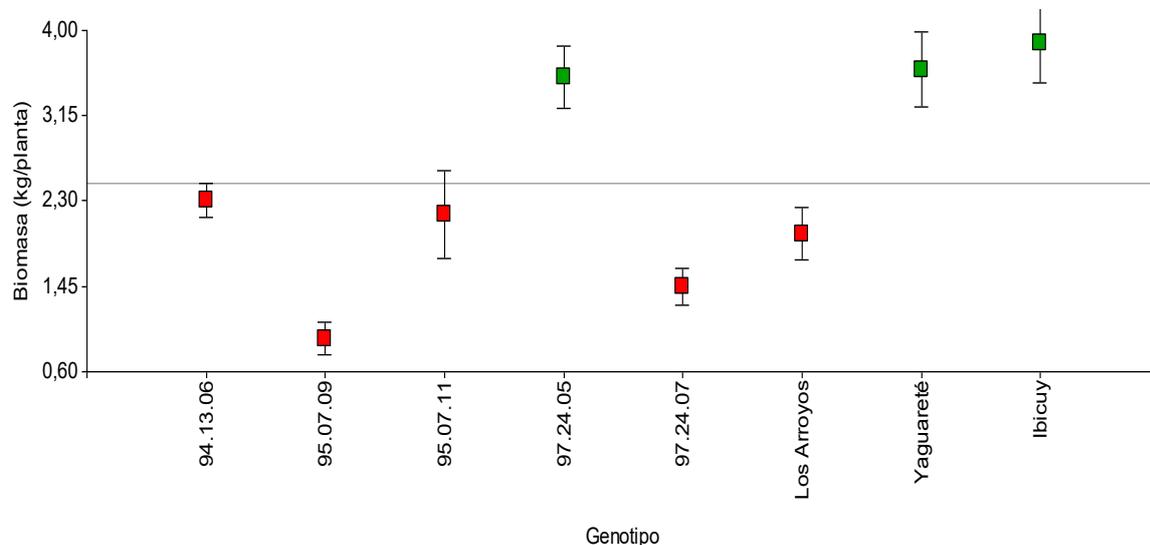


Gráfico 2. Biomasa (kg/planta) producida por el material genético evaluado en Sitio B

El cálculo del peso seco en ambos casos, fue consistente con los valores obtenidos de biomasa aplicando una ecuación $Dw = DAP^{2.107687}$. Esta consistencia tiene valor metodológico para aplicar en selecciones futuras con materiales similares.

En los estaqueros C y D se observó una tendencia creciente en la producción de biomasa a partir de cuarto año, cuando la planta está más establecida, coincidiendo con lo observado por Facciotto y Bergante (2011).

Como información complementaria para todo el grupo de materiales, respecto a la densidad de la madera, los valores obtenidos se condicen con las referencias citadas por Tharakan et al. (2003) (0,33- 0,48 t/m³); por Leclerq (1997) (0.337- 0.454 t/m³) y por Monteoliva et al. (2005) (0.364 - 0.455 t/m³). El valor calorífico y porcentaje de cenizas estudiado en tres clones de referencia, mostraron relación con lo observado por Klačnja et al. (2013) (18.028- 18.993 MJ/kg).



Tabla 2. Valor calorífico y porcentaje de cenizas totales en base seca de tres genotipos de referencia, sobre muestras de un año.

Genotipo	Pedegree	Valor calorífico*(MJ/kg)	Cenizas** (%)
Lezama	<i>S matsudana x S nigra</i>	19870	1,4
Los Arroyos	<i>S matsudana x S alba</i>	19518	1,2
Yaguareté	<i>S alba x ?</i>	19477	1,4

* Valor en base seca (combustión en bomba calorimétrica).

** Valor de cenizas totales en base seca.

Supervivencia

La supervivencia de los clones destacados en los sitios A y B fue \geq al 70%: Yaguareté (95% en A; 89%, en B), Lezama (89% en A; 100% en B), Ibicuy (84% en A; 78% en B), "97.24.05" (100% en A; 86% en B) y "95.07.11" (72% en A; 70% en B), reafirmando la alta tolerancia al anegamiento prolongado, al que estuvieron expuestos durante gran parte del primer año; comportamiento ya observado en la preselección de estos materiales genéticos (Cerrillo et al., 2013).

Complementariamente, para valorar la supervivencia tras varios ciclos sucesivos, se evaluaron datos de 10 años de los estaqueros C y D, verificándose supervivencias superiores al 90% para los clones Ibicuy, Lezama, Yaguareté, y "97.24.05"; lo que expresa una excelente capacidad de rebrote, ciclo tras ciclo, atributo clave en un cultivo sometido a un aprovechamiento intensivo de corte anual (o bianual), como el de un SRC.

4. CONCLUSIONES

Se destaca un grupo de genotipos promisorios en cuanto al potencial de crecimiento y la buena supervivencia, lo cual posibilita efectuar una selección preliminar para materiales destinados a esta aplicación. La evaluación posterior deberá centrarse en probar los mejores clones en lotes a mayor escala con cada uno de estos individuos seleccionados.

Esta evaluación sobre la aptitud para una aplicación innovadora complementa los criterios de uso para los cuales fueron seleccionados originalmente, dándole un perfil más integral a los materiales. En algunos casos se trata de materiales ya inscriptos, de calidad "doble propósito" (usos sólidos y pasta para papel), que, de este modo, suman una condición más a su estándar de aplicación; para otros materiales, en condición aún experimental, se abre también una interesante perspectiva de aplicación. En esta interesante integración de usos, cabe mencionar la idoneidad de algunos genotipos seleccionados para usos no madereros, como el apícola en el caso de Yaguareté e Ibicuy (ambos, excelentes productores de polen). Por otra parte, considerando la baja diversidad propia de los cultivos basados en propagación agámica, disponer de una amplia gama de clones de destacada producción constituye un valor en sí mismo, más aún dados los esquemas de alta densidad propios de estos aprovechamientos productivos.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de investigación se realizó como parte del Proyecto Específico Mejoramiento de Especies Introducidas de INTA y del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de Valor (PNAIyAV) y contó con la colaboración del Predio Oasis, de Arauco Argentina, del Establecimiento "Las Carabelas", de Papel Prensa, del Establecimiento Forestal Las Rosas, Edutech Argentina SA y del campo experimental de la EEA Delta de INTA, para la instalación, mantenimiento y seguimiento de los experimentos a campo, y del Laboratorio Central de Papel Prensa SA para los análisis de madera.

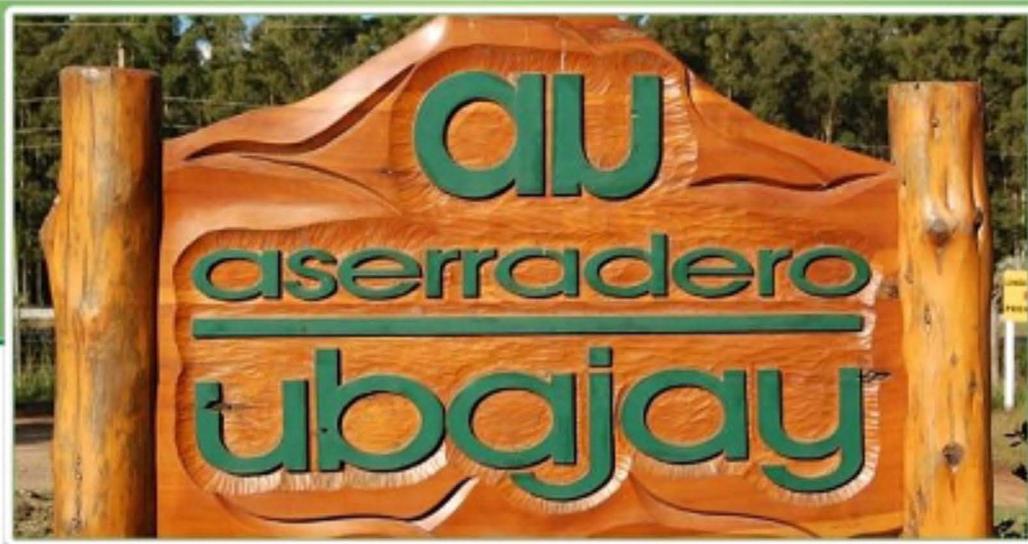
5. LITERATURA CITADA

- CASAUBON E.; CERRILLO T.; MADDOZ G. 2017. Comportamiento de guías de tres clones de *Salix* spp. como material de propagación en un sistema silvoapícolapastoril en Delta del Paraná (Argentina). V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, Chile, Noviembre 2017.
- CERRILLO, T; FACCIOTTO, G; BERGANTE. S. 2008. Biomass production of different willow's combinations - preliminary results. 16th European Biomass Conference & Exhibition From Research to Market Deployment Subject number: 1.3. Feria Valencia, Spain. June 2008.



- CERRILLO, T. DOFFO G., RODRIGUEZ, M.E., ACHINELLI F.; LUQUEZ, V. 2013. Tolerancia al anegamiento prolongado de sauces (*Salix spp.*). IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano AFoA-INTA-FAO. Iguazú.
- CERRILLO, T.; LOVAL, S.; CASAUBON, E; THOMAS, E; GRANDE, J; S. MONTEOLIVA 2019. Willow breeding for diversified and sustainable applications in Argentina. 2019. XXV IUFRO World Congress. Forest Research and Cooperation for Sustainable Development. Curitiba, Brasil. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v.39, e201902043, Special issue, 768 p., 2019v. 39, e201902043 2019 ISSN 1809-ISSN 1809-3647.
- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- DOFFO, G; RODRIGUEZ, M; MORALES D; RUSSO F; ETCHEVERS, P; ACHINELLI. F; CERRILLO, T; LUQUEZ V. 2017. Utilización de *Salix spp.* en la producción de biomasa para energía: rendimiento de biomasa al primer año. V Congreso Internacional de Salicáceas. Talca, Chile, Noviembre 2017.
- FACCIOTTO, G. 2009. Álamo y sauces productores de bioenergía: potencialidad y perspectivas. Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura. Unità di ricerca per le Produzioni legnose fuori foresta. Casale Monferrato, Italia. 2° Jornadas sobre Biocombustibles, Parque Gral. San Martín, Mendoza, 21-23.
- FACCIOTTO, G. Y S.BERGANTE. 2011. Willow clones for biomass production in SRC plantations. Tercer Congreso Internacional de salicáceas en Argentina, ISSN 1850-3543. Neuquén, marzo 2011.
- LECLERQ, A. 1997. Wood quality of white willow. *Biotechnol Agron Soc* 1 (1): 59-64
- KLAŠNJA B, ORLOVIĆ S, GALIĆ Z. 2013. Comparison of Different Wood Species as Raw Materials for Bioenergy. *South-East Eur. For* 4 (2): 81-88.
- MONTEOLIVA S, SENISTERRA G, MARLATS R. 2005 Variation of wood density and fibre length in six willow clones (*Salix spp.*) *AWA Journal* 26 (2): 197-202
- ROSSO L.; BERGANTE S.; VIETTO L.; NERVO G.; FACCIOTTO G. 2014. Poplars and willows for biofuels production. IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina. ISSN 1850-3543. La Plata, marzo de 2014.
- THARAKAN P J, VOLK T A, ABRAHANSON L P, WHITE E H. 2003. Energy feedstock characteristics of willow and hybrid poplar clones at harvest age. *Biomass Bioenerg* 25 (6): 571-580. DOI: [http:// dx.doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00054-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00054-0).

**Adhiere a las
XXXIV Jornadas Forestales
de Entre Ríos**



Aserradero Ubajay

**Ruta Nacional 14 – Km 201
Ubajay – Entre Ríos
Mesopotamia Argentina
C.P. 3287**

**Tel/fax: (0345) 4905077
Celular: (0345) 15 4054463**

www.aserraderoubajay.com



Desde 1946 AFOA es la única entidad nacional que representa al sector forestal de la Argentina. Está integrada por empresas, productores forestales, estudiantes y profesionales independientes vinculados al sector forestal, la industria y servicios asociados. Tiene Regionales en las zonas de máximo desarrollo forestal. Su principal objetivo es fomentar el desarrollo de la foresto industria y sus servicio de forma económicamente competitiva, socialmente responsable y ambientalmente sustentable.-

<https://www.afoa.org.ar/>

Bme Mitre 1895 – CABA

Teléfono: (0054-11) 5234-2636

Regional Rio Uruguay: afoaru@gmail.com

correo@afoa.org.ar



CELULOSA ARGENTINA

Trayectoria, compromiso y liderazgo
en el sector foresto industrial.



Papeles Premium para impresión y escritura, tissue y packaging.



Libre de Cloro Elemental



Fabricado en Argentina

Seguinos en /resmasboreal



Mirá nuestro video



Consulte nuestros productos certificados. FSC-C006213



Multiplica[®]

Tu crecimiento con BASF

El programa de descuentos
y beneficios más importante
del agro argentino.

Regístrate en
www.multiplicabasf.com.ar
o a través de nuestra App.



BASF
We create chemistry

📞 0800-555-2273





SELECCIÓN DE ÁLAMOS PARA LA ZONA CONTINENTAL NORTE DE BUENOS AIRES Y SUR DE SANTA FE: ADOPCIÓN EN EL SISTEMA PRODUCTIVO Y PERSPECTIVAS DE LA MEJORA GENÉTICA

Teresa CERRILLO¹; Ana GENNARI²; Enrique PRADA², Eduardo SKORUPSKI², Ricardo BRATOVICH², Vicente DEL ARCIPRETE³

RESUMEN

Desde hace décadas, un núcleo importante de producción de álamos (*Populus* spp) tiene lugar en áreas continentales del norte de la provincia de Buenos Aires y sur de la provincia de Santa Fe, donde, con buenos rendimientos, se produce madera para triturado y usos sólidos. Durante treinta años se desarrollaron en ese territorio líneas de investigación en busca de materiales genéticos mejorados, a través de una red amplia de ensayos donde se probaron 57 genotipos, con dos objetivos principales: contar con clones más productivos y, a la vez, ampliar la diversidad genética de la oferta varietal con adaptación a esos ambientes. El presente trabajo recopila los antecedentes más relevantes de esa labor y muestra los resultados de una parte de la red de ensayos, los cuales han permitido la incorporación gradual de nuevos materiales a las plantaciones a escala de álamo, renovando y ampliando la variabilidad genética y logrando un incremento significativo de la productividad de las mismas. A la vez, estos materiales genéticos han sido insumo para la implementación de un programa de mejora específico para este núcleo continental de cara al futuro.

Palabras clave: *Populus*, evaluación, clones,

1. INTRODUCCIÓN

En el norte de la provincia de Buenos Aires y sur de la provincia de Santa Fe existe un núcleo de macizos de álamo (*Populus* spp) de buen rendimiento forestal, que ocupa aproximadamente 5.000 ha (Borodowski, 2017). Se las denomina comúnmente plantaciones “continentales” o “de tierra firme”, para diferenciarlas de las existentes en el Delta del Paraná, donde se encuentra la mayor área de cultivo de álamos y sauces del país, ambos nucleados en la familia Salicáceas. Estas forestaciones de la pampa húmeda proveen a las industrias de la pasta para papel, tableros de partículas, aserrado y debobinado. Su ubicación cercana a centros de consumo, la capacidad logística y el ambiente no vulnerable al fenómeno de inundaciones, las posicionan favorablemente para el abastecimiento de las diferentes bocas de consumo (Achinelli, 2014).

El género *Populus* tiene dispersión natural en el hemisferio norte, por lo que la mejora genética en Argentina se ha basado en clones exóticos, como el *P x canadensis* “I-214” (que, además, es aún hoy el álamo más plantado en el mundo), *P. deltoides* “Harvard” (ex I-63), *P x canadensis* “Conti 12” y, más tarde, las series de *P. deltoides* conocidas como “Stoneville” y “Australianos”, y clones italianos *P. x canadensis*, como el “Guardi”. Otro aporte significativo se hizo a través de la introducción de semillas de la especie *P. deltoides* provenientes de individuos destacados del Delta del Mississippi (Alonzo, 1987; Sancho et al., 1975), que sirvió de base para trabajos fitotécnicos posteriores en INTA Delta, cristalizados en la selección, en los últimos años, de nuevos álamos mejorados inscriptos en el INASE (Cortizo, 2009). Otro pilar de relevancia fue la generación de genotipos mediante cruzamientos controlados en INTA Castelar entre 1981 y 1986 (Ragonese 1993), con la creación de una amplia base

¹ EEA Delta del Paraná, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Paraná de las Palmas y Canal L. Comas (2804) Campana, Buenos Aires cerrillo.teresa@inta.gob.ar

² Papel Prensa SA.

³ Estación Forestal INTA 25 de Mayo.



genética, que es evaluada en parte en el presente trabajo. Entre 1986 y 1998 el Programa de Mejoramiento Genético de Sauces y Álamos del Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF), en convenio con INTA, estableció una red de ensayos de álamo en la zona, instalados en dos establecimientos de Papel Prensa y en la Estación Forestal de 25 de Mayo del INTA (Cerrillo, 1998, informe interno CIEF; Cerrillo, 2004; Gennari et al, 2004; Gennari et al, 2006; Gennari, 2014; Gennari y Prada, 2017). Se comunica una recopilación de resultados logrados a través de las líneas de trabajo y se comentan algunos aspectos de la mejora genética del álamo en la zona de cara al futuro.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Germoplasma experimental: fueron ensayados 57 genotipos (Cuadro 1), tomando como referencia dos testigos de uso extendido en la región al tiempo de iniciar la red (*Populus x canadensis* "Conti 12" y *P. deltoides* "Catfish 2") y otros tres de difusión general de grado diverso ("Australiano 106-60" y "Alton" del grupo *P. deltoides* y *Populus x canadensis* "Guardi"). La red fue establecida entre 1986 y 1998 por el Programa de Mejoramiento Genético de Sauces y Álamos del CIEF, en articulación con INTA. En una primera etapa se detectó la supremacía de los clones introducidos "Delta Gold", "Mississippi Slim" y "Triplo", que luego se integraron a plantación. Se sintetiza en este trabajo el resultado de una segunda etapa, donde se probaron 50 individuos en ensayos comparativos.

Cuadro 1. Germoplasma evaluado en la red de ensayos en Pampa Húmeda

GENOTIPOS LOGRADOS POR CRUZAMIENTOS CONTROLADOS REALIZADOS EN ARGENTINA (INTA)			
Clon	Pedigree	Genotipos parentales	Obtención
561-41	<i>P. deltoides</i>	Australiano 129-60 x Stoneville 107	Cruzamientos controlados, Instituto de Recursos Biológicos, INTA Castelar, A. Ragonese (1981 -1984)
562-1; 562-2; 562-5; 562-6; 562-7; 562-12; 562-23; 562-40; 562-41		Australiano 129-60 x Stoneville 107	
564-6; 564-9; 564-17; 564-53		Stoneville 81 x Stoneville 107	
576-3; 576-4		Stoneville 109 x Stoneville 66	
582-4		Stoneville 109 x Harvard	
590-65; 590-71		Stoneville 72 x Harvard	
608-36		INTA Delta 217/68 x Stoneville 91	
610-11; 610-31		Australiano 129-60 x Stoneville 107	
568-1 (RAGONESE 22 INTA)	<i>P x canadensis</i>	Australiano 129-60 x <i>P.nigra</i> "Jardín Botánico Castelar"	
GENOTIPOS INTRODUCIDOS A TRAVÉS DE ESTACAS DE INSTITUCIONES DEL EXTRAJERO			
Clon	Pedigree	Obtendor o Procedencia	Introducción
Alton; Catfish 2; Rosedale	<i>P. deltoides</i>	Stoneville, Estados Unidos	Celulosa Argentina-INTA Delta, A. Alonzo ('60s).
82102-6; 87004-32; 83024-10	<i>P. deltoides x ciliata</i>	Forest Research Institute, Palmerston North, New Zealand.	CIEF-Papel Prensa T. Cerrillo, 1991.
80029-104; 80008-9; 82152-1	<i>P. x canadensis</i>		Enviado por Dr. R. Hathaway



Kawa; NZ 5007	<i>P. deltooides x yunnanensis</i>		
SIA 22-85; SIA 112-85; SIA 12-86; SIA 9-85	<i>P. x canadensis</i>	Servicio de Investigación Agraria (SIA), Aragón, España.	CIEF-Papel Prensa T. Cerrillo, 1991 Enviado por Dr. A. Padró Simarro
San Martino; Onda; Lux; Guardi; Boccalari	<i>P. x canadensis x?</i> <i>P. deltooides</i> <i>P. x canadensis</i>	Istituto Sperimentazione per la Pioppicoltura Casale Monferrato, Italia	IFONA, Entre 1950 y 1980
Lena; Triplo; Eco 28; BL Costanzo; Cappa Bigliona; Adige; L. Avanzo; 2000 Verde.	<i>P. deltooides</i> <i>P. deltooides x (P. x canadensis) (Pd x Pxc).</i> <i>P. x canadensis</i>	Istituto Sperimentazione per la Pioppicoltura Casale Monf. Italia	Ex IFONA 25 de Mayo, V. Del Arciprete, 1988
Conti 12	<i>P. x canadensis</i>	Istituto Sperimentazione per la Pioppicoltura Casale Monf. Italia	M. Conti (1939)
Delta Gold (Stoneville 66); Mississippi Slim (Stoneville 67); Stoneville 71. A-106-60	<i>P. deltooides</i>	Stoneville, Estados Unidos	CGFSA ('70s); R. Suárez los introdujo a cultivo.

GENOTIPOS EXPERIMENTALES LOGRADOS EN INTA A PARTIR DE SEMILLA INTRODUCIDA

208/68; 125/68	<i>P. deltooides</i>	Mississippi, Estados Unidos, 1968	Celulosa Argentina-INTA Delta, A. Alonzo, ('60s).
----------------	----------------------	-----------------------------------	---

Ensayos: Se implantaron en dos establecimientos forestales de Papel Prensa S.A.: María Dolores, provincia de Buenos Aires (34° 50' LS; 60° 30' W) y El Gazapo, provincia de Santa Fe (34° 12' LS; 61° 43' W) y en la Estación Forestal INTA 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires (35°47'LS; 60°12' W). Se usaron diseños de bloques completos al azar con 4 repeticiones, de 4 plantas por parcela. A los cinco años se midieron diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total, se calculó el incremento medio anual (IMA) y se realizó un análisis en red con tratamientos en común. La evaluación de los más destacados se continuó a través de ensayos de productividad, con un número mayor de plantas por parcela.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los genotipos evaluados, 18 superaron la media general, de 17,10 m³/ha/año de IMA (Gráfico 1) y 9 de ellos (en azul) fueron equivalentes. El mejor fue el "Triplo" (cuyo aspecto menos favorable es la ramificación con verticilos muy marcados), seguido de *P. deltooides*: "564-53", "610-31" y "564-17" (de excelente sanidad, supervivencia y forma) y *P x canadensis*: "BL Costanzo", "Cappa Bigliona", "82102-6", "80008-9" y "80029-104", todos de excelente forma y supervivencia, pero con lesiones corticales en algunos casos; por su potencial se sugiere proseguir su ensayo en otros ambientes. "BL Costanzo" posee destacadas propiedades físico-mecánicas de la madera (Castro & Paganini, 1994). Respecto a los testigos (en negro en el Gráfico 1), el único que superó la media fue "Conti 12".

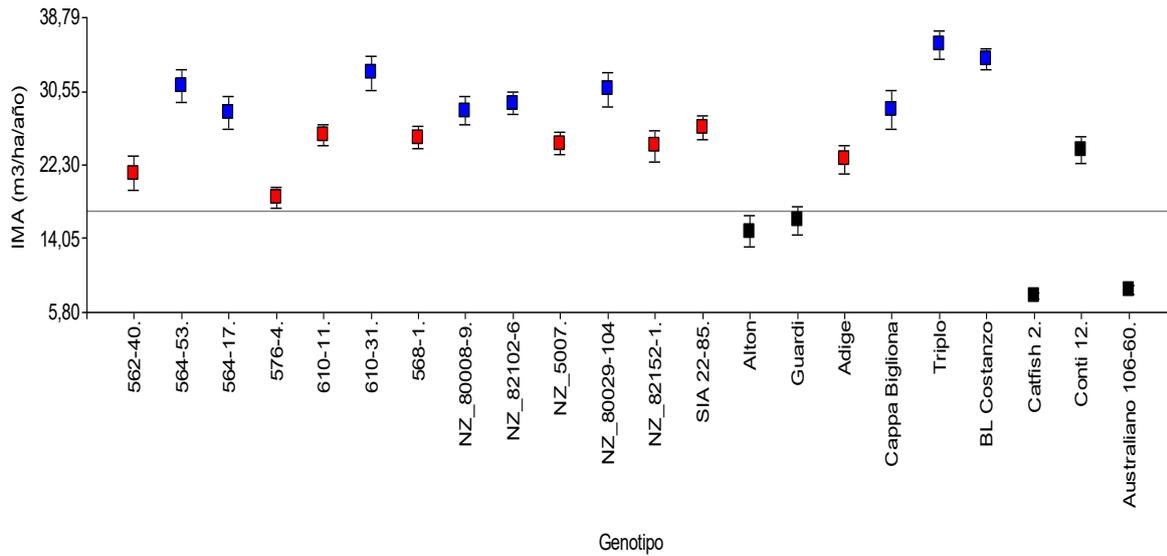


Gráfico 1. IMA (m³/ha/año) producida por material evaluado en tres sitios, considerando 18 genotipos superiores a la media. En azul se señalan los 9 genotipos más destacados y equivalentes estadísticamente, seguidos (en azul) por un grupo de menor crecimiento sin diferencias significativas; en negro: clones testigo.

Gradualmente, como muestra el Gráfico 2, se han ido incorporando a nivel de cultivo los nuevos clones resultado de la selección (Cerrillo, 2004; Gennari, 2006; Gennari, 2020 comunicación personal). Además del incremento de productividad, la selección aportó diversidad genética en las forestaciones, lo cual es clave en forestaciones basadas en propagación agámica.

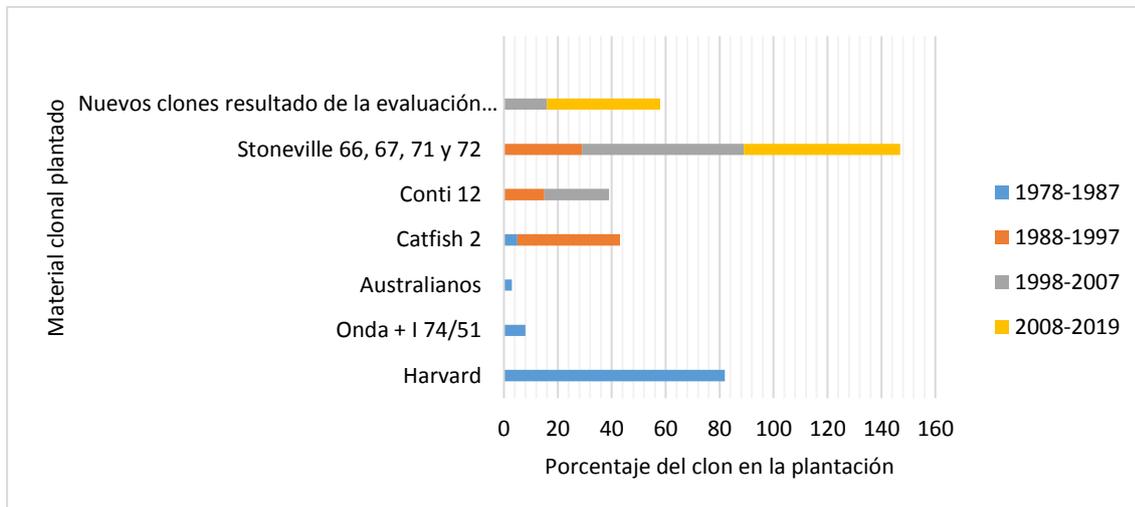


Gráfico 2. Adopción en el sistema productivo de material genético de álamo destacado en las evaluaciones del proceso de mejoramiento (en los establecimientos María Dolores y El Gazapo).

Por otra parte, tomando como base genética los individuos más destacados de la evaluación, Papel Prensa S.A. implementó entre 2006 y 2010 un programa propio de mejoramiento, específico para las condiciones de la región y atento a las aplicaciones de la empresa. Se generó así una población de mejora y se ensayaron 110 individuos; 20 de los cuales se destacan por su adaptación, capacidad de propagación, sanidad y tasa de crecimiento. Actualmente, se evalúan los genotipos más promisorios en tres ensayos de productividad (Gennari y Prada, 2017).

4. CONCLUSIONES

Los avances logrados en un proceso secuencial permitieron ampliar la variabilidad clonal disponible para las plantaciones de álamo en este núcleo continental, con clones de altos niveles de sanidad y



tasa de crecimiento, principalmente del grupo *deltoides*, impactando ya en incrementos importantes en los rendimientos de las plantaciones comerciales, todo lo cual avala su próxima inscripción. La red experimental también ha permitido dar lugar a nuevas líneas de trabajo; destacándose el desarrollo de un programa de mejora genética, cuyo grado de avance ha permitido detectar una serie de nuevos genotipos promisorios para ampliar la oferta clonal.

AGRADECIMIENTOS y RECONOCIMIENTO

El trabajo de investigación fue parte del Programa de Mejoramiento del CIEF en convenio con INTA. Contó con la colaboración de Papel Prensa SA, de la Estación Forestal INTA 25 de Mayo y del Instituto de Recursos Biológicos de INTA Castelar, donde el Ing. Agr. Arturo Ragonese creó la base genética local evaluada en el presente trabajo y a quien se le reconoce en su memoria. Se agradece al Ing. Agr. Edgardo Casaubón la lectura crítica del borrador de este trabajo.

5. LITERATURA CITADA

- ACHINELLI F.G. 2014. Salicáceas en la pampa arenosa y la pampa ondulada: situación actual y perspectivas. En Actas Jornadas de Salicáceas. La Plata, 26-28/9/2006. Páginas 21-36.
- ALONZO, A.E. 1987 Situación actual del mejoramiento de Salicáceas en la Argentina. Simposio sobre Silvicultura y Mejoramiento Genético de Especies Forestales - Tomo I - Bs. As.
- BORODOWSKI, E. 2017. Situación actual del cultivo y uso de las Salicáceas en Argentina. V Congreso Internacional de Salicáceas 2017. Talca, Chile.
- CASTRO, G & PAGANINI, F. 1994. Caratterizzazione fisico-meccanica del legno dei cloni di *Populus x euramericana* 'I214' e 'BL Costanzo'. En "Cellulosa e Carta" n ° 5/6. Ed.RESS Roma: 56-59
- CERRILLO T. 2004. Comparative growth of poplar clones in the south of Santa Fe- first report. Actas de la 22º Reunión de la Comisión Internacional del Álamo, IPC- 2004, Santiago, Chile, p.18.
- CORTIZO S., 2009. Nuevas posibilidades para ampliar la diversidad clonal de las plantaciones de álamos del Delta del Paraná. Jornadas de Salicáceas 2009, Mendoza. Los Álamos y Mendoza. 200 años de historia común. ISSN 1850-3543.
- GENNARI A., PRADA E., ACHINELLI F., MARLATS R., 2004. Juvenile growth patterns in poplar clones (*Populus* spp) in the Argentina humid pampas. Actas de la 22º Reunión de la Comisión Internacional del Álamo, IPC-2004, Santiago, Chile, p.97.
- GENNARI A., PRADA E., ACHINELLI F.2006. Patrones de crecimiento juvenil en altura en clones de *Populus deltoides* y *Populus x canadensis*. I Jornadas de Salicáceas. Buenos Aires. Argentina, junio 2006, 8pp.
- GENNARI A., 2014. El mejoramiento genético forestal como aliado de las prácticas de manejo silvícola en las plantaciones de álamos en la pampa húmeda. Cuarto congreso internacional de Salicáceas en Argentina, La Plata, Argentina.
- GENNARI, A. M.; PRADA, C. E. 2017. Selección de nuevos genotipos de *Populus* spp para diversificar las forestaciones comerciales en el área medanosa de la pampa húmeda. 69 Resultados preliminares. Jornadas de Salicáceas 2017 - V Congreso Internacional de Salicáceas Talca, República de Chile.
- RAGONESE, A.E. 1993. Fitotecnia de Salicáceas en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Castelar (INTA) - Académico de Número Ing. Agr. Arturo E. Ragonese. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria Tomo XLVII, N° 2. Buenos Aires. Argentina, 36pp.
- SANCHO, R; ALONZO, A y FERNÁNDEZ. 1975. Informe preliminar sobre nuevos clones de álamo obtenidos en el Delta del Paraná. IDIA. Suplemento Forestal N 8. INTA: 95-101.



COMPORTAMIENTO DE HÍBRIDOS DE ÁLAMOS Y SAUCE EN LA CAÑA DEL SALADO, ARRIBEÑOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Alejandro SIGNORELLI¹, Paula FERRERE², Ana María LUPI³

RESUMEN

La provincia de Buenos Aires se caracteriza por la agricultura tradicional de cereales y oleaginosas y también por áreas de ganadería de cría y de invernada bovina. Hay zonas marginales aptas para la actividad forestal como bajos dulces y cañadas. Allí se pueden desarrollar sistemas agroforestales, y montes de reparo aprovechables, como complemento y alternativa económica para los establecimientos agrícolas en donde el bienestar animal cobra actualmente un beneficio extra en estos sistemas. Asimismo los sistemas agroforestales enmarcados en una gestión forestal sostenible están asociados a la provisión de otros servicios ambientales como la captura de carbono y el mantenimiento de la diversidad biológica. Es por ello que en 2017 se instaló un módulo demostrativo en la Cañada del Salado, en la localidad de Arribeños, partido de Gral. Arenales de la provincia de Buenos Aires, con el objetivo de evaluar el establecimiento y crecimiento de álamos y sauces. En este trabajo se presentan las primeras experiencias en el establecimiento del módulo y los primeros datos de crecimiento. Se destacaron los álamos Ragonese 22 y el Australiano 129/60 en la situación de loma. En la media loma y el bajo, todos los materiales presentaron restricciones al crecimiento.

Palabras claves: *diámetro, posición en el relieve, Salicáceas*

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires presenta un gran potencial para el desarrollo forestal. En diferentes regiones de la provincia se encuentran ambientes, como tendidos bajos, bajos dulces, áreas de médanos o sectores serranos, que prácticamente no tienen uso o su intensidad de uso es muy baja. A nivel provincial conforman una superficie importante para el desarrollo de una cuenca forestal y a nivel de establecimiento son oportunidades de diversificación dada su relativamente pequeña superficie. Solo en la zona norte de la provincia de Buenos Aires suman más de 42 mil ha (Lupi et al., 2019) de tierras aptas para el cultivo de *Populus* sp, siendo el 29% muy apto. Allí, se pueden desarrollar sistemas agroforestales, y montes de reparo aprovechables, como complemento y alternativa económica. Además pueden brindar servicios ambientales para la comunidad desarrollando áreas recreativas, recuperando suelos, controlando deriva de agroquímicos en áreas periurbanas, secuestrando carbono y mitigando la erosión. Son hábitat de fauna silvestre e insectos benéficos. La agricultura tradicional de la región pampeana actualmente presenta problemas de rentabilidad, de pérdida de ruralidad, conflictos importantes por el mal uso de agroquímicos y pérdida de montes de reparo con la consecuente pérdida de numerosos servicios ambientales. El consumo de madera local es abastecido principalmente por madera proveniente del norte del país con un alto costo de transporte. Frente a esta situación la actividad forestal surge como una propuesta interesante, económicamente viable, socialmente inclusiva y ambientalmente amigable, representando una alternativa real.

Estudios previos realizados por Ferrere et al. (2014, 2019) demostraron buenos crecimientos de *Populus deltoides* en suelos arenosos de la zona norte de la provincia de Buenos Aires. Sin embargo son escasos los antecedentes con otros híbridos de salicáceas que simultáneamente ocupen diferentes condiciones edáficas, desde suelos con aptitud agrícola hasta suelos con limitantes con presencia de sales en áreas con cierta acumulación de agua o con restricciones en el movimiento. La instalación de módulos

¹ AER Junín - EEA INTA Pergamino. signorelli.alejandro@inta.gob.ar

² AER 9 de Julio – EEA INTA Pergamino. ferrere.paula@inta.gob.ar

³ Ing. Ftal. INTA Castelar lupi.ana@inta.gob.ar 2317 46-5636



demostrativos forestales en el norte de la provincia de Buenos Aires permite producir información de base y además generar áreas de intercambio y de transferencia tecnológica que sirven para que productores, profesionales y pobladores rurales tengan un espacio para observar y racionalizar la propuesta de un modelo productivo basado en la producción a largo plazo, con bajo uso de insumos y orientado a la producción de madera, forrajes, carne y otros productos. Para ello en el año 2017 se instaló un módulo demostrativo donde se evaluó el comportamiento de álamos y sauces en tres ambientes edáficos (loma, media loma y bajo). El módulo demostrativo pretende ser un espacio de intercambio y transferencia tecnológica con los productores agrícolas del territorio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El módulo demostrativo se instaló en el establecimiento agrícola "La Yola", Arribeños partido de Gral. Arenales, al noroeste de la provincia de Buenos Aires. Dentro del establecimiento se localizó en un área de suelos marginales para la agricultura en un sector delimitado del campo conocido como "cañada". Fue destinado históricamente al pastoreo continuo con vacas de cría en algunos períodos del año, especialmente en el otoño luego del destete y hasta el comienzo de parición de las vacas donde se dejaba descansar. En el verano podía recibir algún otro pastoreo de no más de quince días en períodos de sequía para dar descanso a las praderas de alfalfa. A partir del año 2008 el lote permanece sin uso por que se abandona la actividad ganadera. El módulo se instaló ocupando una secuencia topográfica de loma (L); media loma (ML) y bajo (B). El sector de lomas corresponde a suelos agrícolas de la serie Santa Isabel cambiando en forma más o menos paulatina hacia zonas de relieve más bajas e inundables especialmente en épocas de lluvia. La vegetación natural va copiando la calidad y el relieve del suelo siendo en las partes altas predominantemente gramíneas tipo cebadillas y cardos, luego aparecen en los sectores intermedios bajos no inundables el gramon, pelo de chancho y Agropiro, para terminar con juncos y otras especies palustres en el bajo encharcable sobre el arroyo. El ensayo evaluó el comportamiento de 6 híbridos de Salicáceas (5 de *Populus* y 1 de *Salix*) a una densidad de plantación de 4 m x 6 m. Los materiales de álamos fueron: Ragonese 22 (50 plantas); Australiano 129/60 (50 plantas), Carabelas INTA (50 plantas), Stoneville 109 (40 plantas), Stoneville 64 (40 plantas) y de sauce fue Barret 13-44 (40 plantas). La preparación del suelo y el control de malezas (mecánico) se realizaron a partir de la pasada de un disco excéntrico sobre una pastura degradada de Agropiro de 12 años de antigüedad, sin pastoreo desde hacía 10 años. La plantación se realizó en agosto de 2017. Se plantaron con barreno plantador estacas de 80 cm de largo, enterrando la mitad de las mismas. El esquema de plantación fue de 8 filas con 30 plantas por filas siguiendo un diseño alternado entre híbridos. Se realizó un muestreo de suelo individualizando tres ambientes: loma, media loma, bajo. Se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a los 3 años de edad de la plantación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características edáficas de los ambientes

Los resultados del análisis de suelo revelaron la existencia de un gradiente de fertilidad en concordancia con la posición topográfica que pudo separarse en tres sectores: 1) loma, 2) media loma y 3) bajo (Cuadro 1). Esto se pone en evidencia por la disminución en los niveles Carbono Orgánico (CO), Nitrógeno (N), Nitratos (N-NO₃) y fósforo (Pe) disponible.

Cuadro 1. Resultados del análisis de suelo

Id	Prof cm	pH Agua 1:2,5	CE dS m ⁻¹	CO g kg ⁻¹	N	Pe mg kg ⁻¹	N-NO ₃ mg kg ⁻¹	Na cmol kg ⁻¹	CIC	PSI %
L	0-20	6,6	0,23	25,3	2,68	70,8	30,0	0,9	17,80	3,40
	20-40						21,0	1,30	16,70	7,79
ML	0-20	7,2	0,33	25,3	2,53	50,7	18,3	1,09	13,04	8,43
	20-40						9,0	2,52	11,48	21,78
B	0-20	9,0	0,43	15,6	1,57	4,6	6,9	2,88	13,74	21,11

L: loma; ML: media loma; B: bajo. CE: conductividad eléctrica (método: Conductimétrico, Agua 1:2,5); CO: Carbono orgánico (método: Combustión húmeda- Walkley y Black); Pe: fósforo disponible (método: Colorimétrico pH < 7,6- Norma IRAM-SAGyP 29570-1 (Bray y Kurtz N°1); pH > 7,6 Olsen); N-NO₃: nitratos (método Colorimétrico-Mulvaney); Na: sodio intercambiable; CIC: capacidad de intercambio catiónico (método: Saturación de amonio- Schollenberger y Simon); PSI: porcentaje de sodio intercambiable.



Los niveles de P disponibles en la profundidad 0-20 cm son altos en el sector de loma y media loma y muy bajos en el último sector. En el bajo los niveles de PSI son muy altos y superan los valores críticos citados por la bibliografía para definir un suelo sódico (>15% y pH 8.5). En la media loma a partir de los 20 cm presenta valores similares al bajo (Cuadro 1).

Del cuadro anterior se desprende que se trataría de un suelo sódico no salino desde la media loma. La limitante en este caso comenzaría a partir de los 40 cm estando presente la limitante en el bajo desde la superficie

Establecimiento forestal

El porcentaje de fallas fue en relación a la experiencia de la zona bajo en la loma y media loma, similar en todos los híbridos y estuvo entre el 22 y 24%. Cabe destacar que se perdieron parcelas en el bajo y media loma por ataque de roedores y no enraizamiento de las estacas. Los materiales que sufrieron pérdidas fueron Ragonese22 y Carabelas INTA.

Las fallas se repusieron al año siguiente. El 2017 fue un año con precipitación por encima del promedio (992 mm) con un acumulado de 1280 mm anuales.

En el Gráfico 1 se muestra el DAP promedio a los tres años de los materiales evaluados. En la loma todos los híbridos evaluados presentaron buenos crecimientos salvo el álamo INTA Carabelas. Se destacaron los álamos Ragonese 22 y el Australiano 129/60. El sauce Barret 13-44 presentó buenos crecimientos en la loma, destacándose su gran crecimiento volumétrico (muy ramificado) presentando gran potencial para la producción de biomasa. El material de álamo en el bajo creció un 30% menos que en la loma. El material de sauce en promedio, creció similar a Stonville109, aunque es posible que esté sobreestimado ya que se perdió la parcela del bajo.

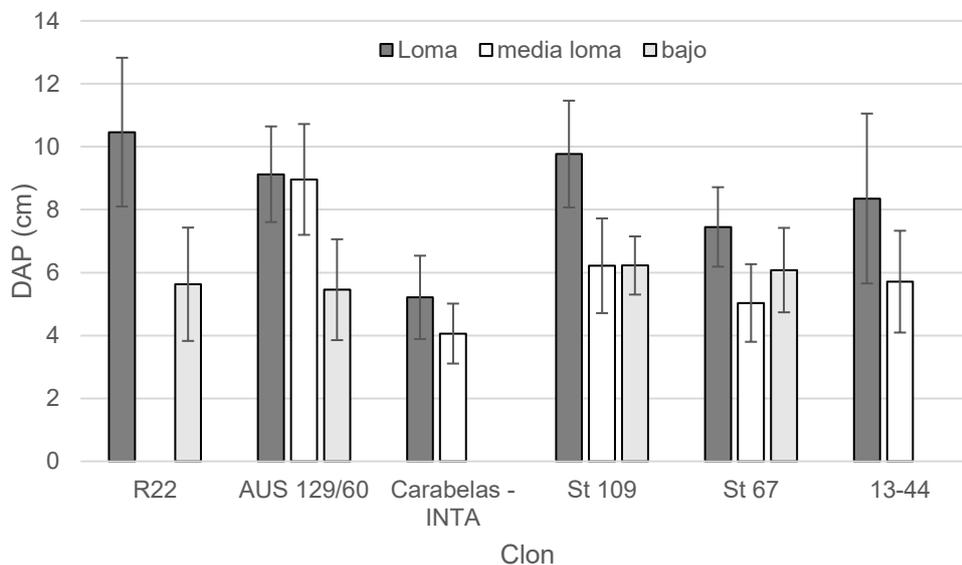


Gráfico 1. Diámetro a la altura del pecho (DAP: cm) por ambiente y por híbrido a los 3 años de la plantación

El álamo Australiano 129/60 y el álamo Stoneville 109 presentaron los mejores crecimientos en la loma.

En la media loma y el bajo, la mayor parte de los híbridos mostraron menor crecimiento que en la loma (27% de reducción) posiblemente debido a la menor profundidad efectiva del suelo libre de sodio. Solo el álamo Australiano 129/60 mantuvo su crecimiento.

Independientemente de los ambientes el material de álamo creció en promedio 6,7 cm en tanto que el de sauce 7,1 cm. Por otro lado, Barret 13-44 en la loma mostró un crecimiento (8,5 cm) similar al promedio de todos los materiales de álamos (8,4 cm) y un crecimiento similar en la media loma al promedio de los álamos.



Cambios en el tapiz o cobertura del suelo

Durante el primer año se vio un gran incremento de malezas, principalmente cardo (*Carduus acanthoides*), gramon (*Cynodon dactylon*) y quinua (*Chenopodium album*) debido a que el laboreo con el disco removió el banco de semillas del suelo. Sin embargo, se observó que ese enmalezamiento podría haber generado un resguardo a las estacas contra el accionar del viento y posibles derivas de aplicaciones de lotes agrícolas linderos, ya que hubo un bajo porcentaje de fallas que sumado a un año con buenas precipitaciones se propició a un buen establecimiento. A partir del segundo año se empezaron a identificar en la loma y la media loma importantes áreas de gramíneas C3, principalmente cebadilla y la aparición de leguminosas como trébol blanco. Para igual momento en el sector de bajo no se observó cambios significativos en la cobertura y predomina un “colchón de gramon”. Se destaca que a simple vista existe una cobertura verde en el área del MD que no es evidente en el entorno.

Hay una creciente demanda de información en la región noroeste pampeana provenientes por un lado de productores agroecológicos ganaderos que buscan diversificar su producción en la medida que puedan generar áreas sociales de reparo para la hacienda con un fuerte compromiso en relación al bienestar animal y ven en la forestación además, una alternativa de bajo impacto en el ambiente. Por otro lado se percibe interés por parte de grandes grupos de empresas en la zona con vínculos forestales en el norte del país, por incorporar modelos productivos como los sistemas silvopastoriles en sus establecimientos lo que impulsaría aún más el desarrollo de estos sistemas mixtos en el territorio. Es por ello que el desarrollo de iniciativas de extensión como los módulos demostrativos planteados en este trabajo permiten no solo generar información de base sino también de crear espacios de intercambio y transferencia tecnológica que resultan estratégicas a la hora de promover el desarrollo de áreas forestales en complemento con la agricultura y la ganadería tradicional de la región.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan las primeras experiencias en el establecimiento del módulo y los primeros datos de crecimiento en una zona de cañada. Se destacaron los álamos Ragonese 22 y el Australiano 129/60 en la situación de loma. En la media loma y el bajo, todos los materiales presentaron restricciones al crecimiento. El sauce Barret 13-44 presentó buenos crecimientos en la loma y crecimiento similares a los álamos en la media loma. El álamo Carabelas INTA no tuvo una buena respuesta en ninguno de los ambientes evaluados.

AGRADECIMIENTO

A la familia Curti propietaria del campo La Llola por permitirnos instalar el ensayo, ayudar en su mantenimiento y colaborar en las mediciones.

5. BIBLIOGRAFÍA

- FERRERE, P. et al. 2014. ¿Cómo crece el álamo en Continente? Estudio en rodales de *Populus deltoides* cv Stoneville 67 en Morse, provincia de Buenos Aires. Jornadas de Salicáceas 2014, La Plata Buenos Aires
- FERRERE, P.; SIGNORELLI, A.G.; CABRINI, S.M. 2020. Análisis productivo y económico de sistemas silvo-apícola pastoriles en el norte de la provincia de Buenos Aires. Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional, DG-SICyP, INTA.
- LUPI, A.M.; ANGELINI, M.; CIVEIRA, G.; IRIGOIN, J. 2019. Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía 118(2),018.



LA CHINCHE DEL EUCALIPTO Y SUS POSIBLES RUTAS DE INVASIÓN Y DISPERSIÓN EN LAS AMERICAS

Dayanna do Nascimento MACHADO¹, Ervandil Corrêa COSTA², Clérison Régis PERINI²
Mateus Alves SALDANHA², Ricardo FROEHLICH², Sergio Orlando RAMOS³, Verlaine
SELLI², Matheus CEOLIN², Fagner DAMBROSO FERNANDES², Taís SLIM², Luis Eduardo
CURIOLLETTI², Camila Fonseca GALVAN², Diego Willian Nascimento MACHADO⁴

RESUMEN

La chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), es un insecto originario de Australia, que posee un alto potencial invasivo y causa daños en los árboles de eucalipto. Su dispersión mundial fue muy rápida, pero las posibles rutas de su invasión en el continente americano no son claras. El objetivo del estudio fue determinar las posibles rutas de invasión y dispersión de *T. peregrinus* en las Américas, a partir de análisis de ADN, región del gen Cytochrome Oxidase, Subunit I (COI) y los datos del primer registro en los países del continente americano. Especímenes de chinche fueron recogidos de árboles de eucalipto en Argentina, Brasil, Chile, Estados Unidos de América, México, Paraguay y Uruguay y almacenados en alcohol. Se realizó la extracción de ADN, amplificación vía PCR y secuenciación del gen mitocondrial Cytochrome Oxidase, Subunit I. Un total de 82 secuencias de ADN del COI de *T. peregrinus* fueron obtenidas: 15 Argentina, 25 Brasil, 10 Chile, 2 Estados Unidos, 10 México, 10 Paraguay, y 10 Uruguay. Se determinó que los especímenes colectados a lo largo del continente americano pertenecen al haplotipo A. Con estos datos e información de los registros de detección en estos países fueron propuestas tres posibles rutas de invasión de *T. peregrinus* para las Américas.

Palabras clave: *Thaumastocoris peregrinus*, *plaga invasiva*, *ADN mitocondrial*, *Entomología Forestal*

1. INTRODUCCIÓN

La chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) (Carpintero y Dellapé, 2006) es un insecto gregario, originario de Australia que causa daños a los árboles del género *Eucalyptus* y *Corymbia* (Wilcken et al., 2010). Cuando las densidades poblacionales de la chinche son muy altas aumentan los daños en el follaje, pues se alimentan succionando la savia de los árboles (Mayorga et al., 2011). Con esto, hay una fuerte reducción de la tasa fotosintética y, en casos severos, defoliación completa del árbol (Noack y Coviella, 2006; Nadel et al., 2010; Martínez et al., 2009; Mayorga et al., 2011).

Su dispersión ocurrió muy rápidamente y hoy puede ser encontrado en más de 20 países (CABI, 2020). Con el aumento del comercio de mercancías y los viajes internacionales, se favorece el transporte de plagas, pues esto es resultado de la globalización (Hurley et al., 2016). Pero los caminos recorridos por muchas plagas invasivas aún son desconocidos. Este es el caso de *T. peregrinus* cuyas rutas de invasión y dispersión están siendo estudiadas mediante tecnologías de ADN mitocondrial (Machado et al., 2020).

El objetivo del estudio fue proponer posibles rutas de invasión y dispersión de *T. peregrinus* en las Américas, a partir del análisis de ADN, región del gen Cytochrome Oxidase, Subunit I (COI) y de los datos del primer registro de ocurrencia de la chinche del eucalipto en los países del continente americano.

¹ Pós-Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: dayanasmac@gmail.com;

² Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil;

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA, Concordia, Entre Rios, Argentina.

⁴ Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, Santa Maria, RS, Brasil.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante noviembre de 2016 hasta mayo de 2018 entre 2 y 15 especímenes adultos, machos y hembras, de *T. peregrinus* fueron recolectados de árboles de *Eucalyptus* spp. ubicados en diferentes lugares: márgenes de carreteras, plantaciones comerciales, parques y arborización urbana, de Argentina, Brasil, Chile, Estados Unidos, México, Paraguay y Uruguay. Los ejemplares del insecto plaga fueron almacenados en tubos plásticos de 1 mL con alcohol 96% y mantenidos en ambiente con temperatura de -20 °C, hasta la extracción de ADN.

La extracción de ADN se realizó con DNeasy Blood & Tissue Kits Qiagen y su protocolo. Cada insecto correspondió a una muestra. Al final del proceso, se obtuvieron 35 µL de ADN por muestra. Se llevó a cabo la amplificación por PCR del gen mitocondrial Cytochrome Oxidase, Subunit I mediante los primers Tp2390F (5'ACCCGAGCATACTTTACTTC) y Tp2937R (5'ATTGTGGCTCGTTTTGATA) (Nadel et al., 2010). En el término del ciclo de la PCR, cada muestra contaba con 12 µL del producto. Posteriormente, el material fue preparado y enviado a secuenciación.

Las secuencias obtenidas fueron depuradas y editadas con el *software* Staden Package en los programas PreGap y Gap4 (Staden et al., 2000) y para la confirmación de la especie fue hecho un Blast (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Después de la confirmación, las secuencias de ADN de *T. peregrinus* fueron alineadas y comparadas en el *software* CLC Sequence Viewer (Version 7.8.1-QIAGEN Aarhus A/S) a fin de verificar los polimorfismos entre ellas.

Las rutas de invasión y dispersión de *T. peregrinus* en las Américas se asumieron con base en los datos del ADN mitocondrial (COI) de la plaga, las fechas del primer registro de ocurrencia y revisión bibliográfica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 82 secuencias de ADN del gen mitocondrial Cytochrome Oxidase, Subunit I de *T. peregrinus* fueron obtenidas en este trabajo: 15 Argentina, 25 Brasil, 10 Chile, 2 Estados Unidos de América, 10 México, 10 Paraguay, y 10 Uruguay. Con ellas y con los datos de las primeras ocurrencias fue posible proponer algunas rutas de invasión y dispersión de la chinche del eucalipto en las Américas (Fig. 1).

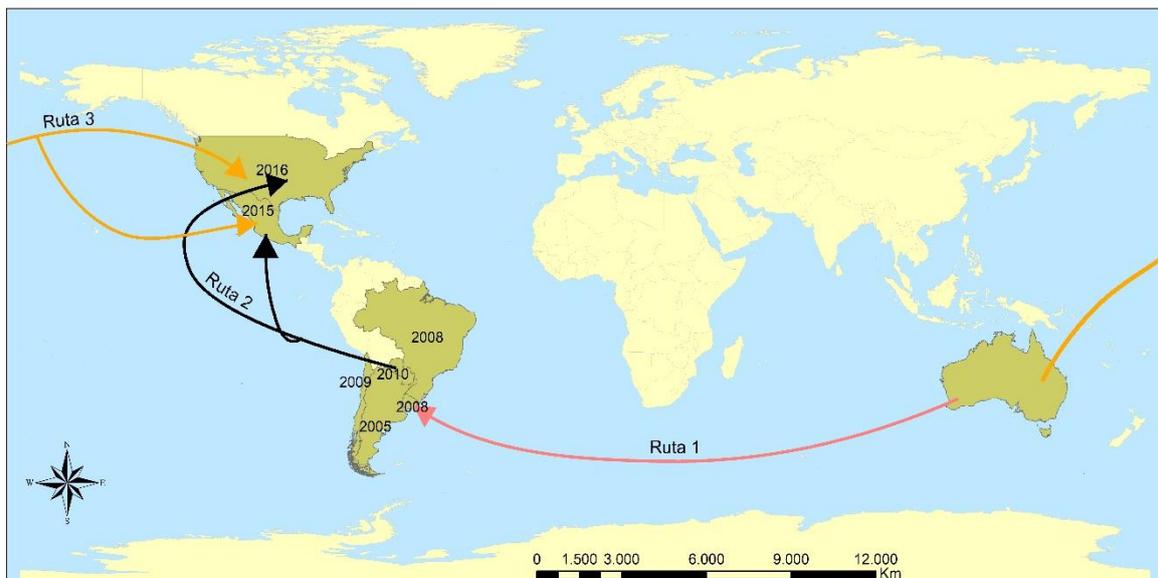


Figura 1. Posibles rutas de invasión de la chinche del eucalipto (*Thaumastocoris peregrinus*) en América

Ruta 1: La primera invasión de la chinche del eucalipto en el continente americano se informó en Argentina en el año de 2005 (Carpintero y Dellapé, 2006). En un trabajo desarrollado por Nadel et al. (2010) utilizando ADN mitocondrial (COI) del insecto plaga, se estableció que fuera de su centro de



origen, Australia, solamente había tres haplotipos de *T. peregrinus*. El haplotipo A, que llegó a Argentina, y los haplotipos D y G que llegaron a Sudáfrica en el año 2003. Con los datos del presente trabajo se confirma que los especímenes colectados en Argentina pertenecen al haplotipo A y no hubo introducciones de otros haplotipos desde aquel estudio de Nadel et al (2010) hasta estos muestreos en la Argentina.

En el año 2008, se emitió el primer registro de la chinche del eucalipto en Brasil y luego en Uruguay (Wilcken, 2008; Martínez y Bianchi, 2010). En Uruguay, los primeros individuos de *T. peregrinus* fueron colectados en el departamento de Tacuarembó en enero de 2008. En Brasil, posiblemente fue introducido naturalmente desde las fronteras secas de Argentina y Uruguay, pues la primera detección en el País fue en São Francisco de Assis, RS, cerca de los dos países (Barbosa et al., 2012). En Chile *T. peregrinus* fue reportado en el año 2009 y, se pensó que se trataba de una invasión pasiva y que se dispersó por diferentes medios, entre ellos camiones, autobuses, barcos, y otros vectores (Mayorga et al., 2011). En Paraguay la detección fue en 2013 y de acuerdo a Díaz et al. (2013) muchas de estas plagas acompañan y se diseminan con el movimiento de material vegetal introducido sin los controles fitosanitarios pertinentes.

La proximidad geográfica, la frontera terrestre, el transporte terrestre de personas y mercancías y la presencia de extensas plantaciones de eucaliptos junto a los márgenes de las carreteras en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay facilitaron la propagación de esta plaga invasora por América del Sur (Machado et al., 2020).

Ruta 2: La primera detección de la chinche del eucalipto en América del Norte, más precisamente en México, ocurrió en el año 2015 (Jiménez-Quiroz et al., 2016) y en Estados Unidos en el año 2016 (Hodel et al., 2016). Debido a la corta distancia y al corto período de detección de esta plaga entre México y California, es imposible saber con certeza en qué país de América del Norte entró por primera vez *T. peregrinus*. Pero la presencia del mismo haplotipo A en todas las áreas de las Américas sugiere que podría haber ocurrido una sola invasión comenzando desde América del Sur y extendiéndose hacia el norte hasta California.

Ruta 3: Sin embargo, Australia también podría ser una fuente de invasión de *T. peregrinus* en América del Norte. Australia, como centro de origen de la chinche, tiene la mayor variedad de haplotipos, entre ellos el haplotipo A que podría haber ingresado a Norteamérica directamente desde Australia (Machado et al., 2020).

4. CONCLUSIONES

Todos los especímenes colectados a lo largo del continente americano pertenecen al haplotipo A.

A partir de las secuencias de ADN del gen mitocondrial COI y de los datos de primer registro de la chinche en los países estudiados se propusieron tres rutas de invasión para *T. peregrinus* en las Américas.

5. LITERATURA CITADA

- BARBOSA, L.R. et al. 2012. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé (Heteroptera: Thaumastocoridae). Documentos 239, Embrapa Florestas, Colombo, 25 p.
- CABI. 2020. Invasive Species Compendium. *Thaumastocoris peregrinus* (bronze bug). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/109741>.
- CARPINTERO, D.L.; DELLAPÉ, P.M. 2006. A new species of *Thaumastocoris* Kirkaldy from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae). Zootaxa; 1228: 61-68.
- DÍAZ, E. A. B.; CORONEL, R.S.; GODZIEWSKI, D. 2013. Consideraciones sobre dos nuevas plagas del eucalipto em Paraguay. El psílido de la concha o escudo *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: psyllidae) y la chinche marrón *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae). Bol. Museo Nac. Hist. Nat. Parag. 17, 72–75.
- HODEL, D.R., et al. 2016. The Bronze Bug Another New Threat to Eucalypts in California. PalmArbor 5, 1–11.
- HURLEY, B.P. et al. 2016. Increasing numbers and intercontinental spread of invasive insects on eucalypts. Biol Invasions 18(4):921-933.



- JIMÉNEZ-QUIROZ, E. et al. 2016. First Record of the Bronze Bug, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae), in Mexico. *J. Agric. Urban Entomol.* 32, 35–39.
- MACHADO, D.D.N.; et al. 2020. One maternal lineage leads the expansion of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) in the New and Old Worlds. *Sci Rep* 10, 3487.
- MARTÍNEZ, G.; SIMETO, S; BALMELLI, G. 2009. La chinche del Eucalipto en Uruguay: Panorama de la Investigación a un Año de su Detección Oficial. *Revista INIA*18:33-35.
- MARTÍNEZ, G.; BIANCHI, M. 2010. Primer registro para Uruguay de la chinche del eucalipto, *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero y Dellapé (Heteroptera: Thaumastocoridae). *Agrociencia* XIV, 15–18.
- MAYORGA, S.I. et al. 2011. Detection of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) associated to *Eucalyptus* spp. in Chile. (Detección de *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) asociado a *Eucalyptus* spp. en Chile). *Bosque* 32, 309–313.
- NADEL, R.L. et al. 2010. DNA bar-coding reveals source and patterns of *Thaumastocoris peregrinus* invasions in South Africa and South America. *Biol. Invasions* 12, 1067–1077.
- NOACK, A.E.; COVIELLA, C. E. 2006. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Hemiptera: Thaumastocoridae): first record of this invasive pest of *Eucalyptus* in the Americas. *General and Applied Entomology* 35: 13-14.
- STADEN, R. et al. 2000. The Staden Package, 1998. *Methods Mol. Biol.* 132, p.115-130.
- WILCKEN, C.F. 2008. Percevejo bronzeado do eucalipto (*Thaumastocoris peregrinus*) (Hemiptera: Thaumastocoridae): ameaça às florestas de eucalipto brasileiras. IPEF Programa de proteção florestal - PROTEF/IPEF. <http://www.ipef.br/protecao/alerta-percevejo.pdf>.
- WILCKEN, C. et al. 2010. Bronze bug *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero and Dellapé (Hemiptera: Thaumastocoridae) on *Eucalyptus* in Brazil and its distribution. *Journal of Plant Protection Research* 50(2): 201-205.



COMUNIDAD FÚNGICA Y FUNCIONALIDAD EN LA INTERACCIÓN *Megaplatypus mutatus* - *Casuarina cunninghamiana*

Esteban CERIANI-NAKAMURAKARE^{1,2}, Sergio RAMOS³, Cecilia CARMARAN^{2,4}

RESUMEN

Megaplatypus mutatus es un escarabajo de ambrosía nativo de Sudamérica que representa una importante plaga forestal. Ataca árboles en pie realizando un complejo sistema de galerías, generando debilitamiento estructural y ocasionando el quiebre del árbol cuando las condiciones climáticas son desfavorables. Desde el año 2014 se comenzó a detectar el decaimiento de *Casuarina cunninghamiana* asociada con ataques de escarabajos de ambrosia, entre los cuales se identificó a *M. mutatus*. Esta especie de árbol es plantada como cortina rompeviento en quintas cítricas del noreste entrerriano. Actualmente este fenómeno sigue extendiéndose y ya existen reportes de las provincias de Corrientes y Santa Fe, incluso de Salto, República del Uruguay. *Megaplatypus mutatus* está asociado simbióticamente con organismos fúngicos que presentan diferentes roles funcionales que contribuyen al establecimiento del escarabajo en los hospedantes y a su desarrollo biológico (nutrición, defensa, entre otros). Como objetivo, este trabajo se propuso estudiar las comunidades fúngicas asociadas a *M. mutatus* en *C. cunninghamiana* mediante análisis metagenómicos (pirosecuenciación del gen ITS) y el posible rol en el decaimiento de los ejemplares mediante ensayos de inoculación en plantines. El presente trabajo generó una mayor comprensión en la interacción *M. mutatus* - *C. cunninghamiana*. Se registró a *Candida insectalens* y un organismo perteneciente al complejo de especies *Fusarium solani* con la mayor proporción entre todos los taxones registrados y fueron los únicos presentes tanto en galerías como en el intestino de larvas. Los ensayos de inoculación en plantines de casuarina determinaron que las cepas en estudio no fueron efectivas en reproducir sintomatología de decaimiento o muerte de acuerdo a las condiciones experimentales empleadas.

Palabras clave: *escarabajos de ambrosía, patogenicidad, metagenómica*

1. INTRODUCCIÓN

Hace unos años se comenzó a observar el decaimiento de casuarinas plantadas como cortinas rompevientos en quintas cítricas del noreste entrerriano. Los síntomas incluyen la pérdida de vigor y marchitamiento. No se conoce exactamente el origen geográfico de este problema sanitario, pero podría ubicarse en quintas de Colonia Alemana, al sudeste del departamento Federación. Desde las primeras observaciones la enfermedad ha progresado hasta alcanzar en el año 2017 prácticamente la totalidad de las cortinas del departamento Federación y el norte del departamento Concordia (Ramos, 2017). También ha habido reportes en el departamento vecino de Salto, Uruguay y en la provincia de Santa Fe (Malabrigo, Santa Fe, Rafaela). Actualmente la enfermedad sigue avanzando hacia el norte afectando cortinas en el departamento de Monte Caseros, Corrientes, y hacia el sur sobre cortinas en el departamento Concordia. En el año 2015 *Megaplatypus mutatus* (Platypodinae); *Euplatypus parallelus* (Platypodinae); *Xyleborus ferrugineus* (Scolytinae) y *Xyleborinus saxesenii* (Scolytinae), todos popularmente conocidos como escarabajos de ambrosía, fueron observados sobre casuarinas sintomáticas (Ramos et al., 2015). Estos coleópteros realizan galerías en el interior del tronco donde inoculan y cultivan los hongos simbiotes de los cuales se alimentan. No está claro el rol de los escarabajos en la muerte de las casuarinas, pero claramente contribuyen con el debilitamiento y la introducción de hongos al interior del tronco. Este trabajo se propone

¹ Depto. de Tecnología, Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. cerianinaka@gmail.com

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

³ Estación Experimental Agropecuaria Concordia, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Concordia, Entre Ríos, Argentina

⁴ Instituto de Micología y Botánica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires



estudiar las comunidades fúngicas asociadas a *Megaplatypus mutatus* en *Casuarina cunninghamiana* y su posible rol en el decaimiento de los ejemplares.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio metagenómico. Se tomaron muestras biológicas de galerías de *M. mutatus* y del contenido intestinal de larvas de esta especie provenientes de troncos de *C. cunninghamiana* (Concordia, Entre Ríos). Se obtuvo el ADN total mediante un kit de extracción (MoBio Laboratories Inc., Solana Beach, USA) y las muestras de ADN fueron amplificadas por PCR mediante los primers ITS1F e ITS4. Los amplicones obtenidos fueron pirosecuenciados (454-FLX-Titanium Roche) en INDEAR, Rosario-Argentina. Los datos fueron procesados con QIIME 1.9.1 (Caporaso et al. 2010) y el proceso de depurado, análisis estadísticos y asignación taxonómica fue de acuerdo a Ceriani-Nakamurakare et al. (2018, 2020).

Pruebas de inoculación. Se utilizaron cuatro aislamientos fúngicos: dos cepas del complejo *Fusarium solani* (cepas A y B), una del complejo de especies *Fusarium oxysporum* (cepa sp2) y uno de *Graphium basitruncatum*, aislados a partir de las galerías de *M. mutatus* y 15 plantines de casuarina de seis meses de edad con diámetro al cuello de entre 1 y 2 cm. Los hongos fueron cultivados en medio agar papa glucosado (APG) 2% durante dos semanas en oscuridad. De cada aislamiento, una porción de agar con micelio se inoculó sobre tres plantines, a los que previamente se le realizó una escisión en la corteza con un sacabocados de 6 mm para dejar expuesto el leño, y se lo envolvió con film plástico. Tres plantines fueron inoculados solo con APG a manera de control. Luego de cuatro semanas se midió la longitud de la lesión y se realizó un análisis de la varianza.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Metagenómica. Del total de unidades taxonómicas operativas (OTUs) obtenidas en galerías (38) e intestino larval (14), diez de ellos correspondieron al Phylum Ascomycota (77%) y tres a Basidiomycota (23%) y estuvieron distribuidos de la siguiente manera: en galerías fueron cinco taxones del Phylum Ascomycota y dos en Basidiomycota, mientras que en el intestino larval fueron seis y uno respectivamente.

Análisis metagenómicos realizados en otros escarabajos de la ambrosia, estudiando los hongos asociados al cuerpo del insecto como también a sus galerías, han arrojado al Phylum Ascomycota como el principal grupo fúngico de la interacción (Miller et al., 2016). En otras familias de escarabajos, el Phylum Ascomycota fue también el predominante en la microbiota intestinal de larvas de escarabajos xilófagos de las familias Buprestidae (Zhang et al., 2018) y Cerambycidae (Mohammed et al., 2018).

Cuadro 1. Especies de hongos identificadas por metagenómica y su posible función en la interacción *Megaplatypus mutatus* - *Casuarina cunninghamiana*

Hongo	Frecuencia relativa (%)		Clasificación	Tipo morfológico	Posible rol funcional
	Galería	Intestino			
<i>Candida insectalens</i>	91,46	52,90	Ascomycota, Saccharomycetales	Lev.	Degradación de carbohidratos de la madera
<i>Candida</i> sp. 1	0	23,85	Ascomycota, Saccharomycetales	Lev.	Degradación de carbohidratos de la madera
<i>Clonostachys rosea</i>	0,12	0	Ascomycota, Hypocreales, Bionectriaceae	Mic.	Endófito, saprófito y parásito de hongos y nemátodos. Produce compuestos tóxicos para bacterias, hongos e insectos. Ayuda en la colonización
<i>Coprinellus radians</i>	0,01	0	Basidiomycota, Agaricales, Psathyrellaceae	Mic.	Saprófito
<i>Fellomyces</i> sp	0,07	0	Basidiomycota, Tremellales, Cuniculitremaeae	Lev.	Colonización de la madera



<i>Fusarium oxysporum species complex*</i>	0,14	0	Ascomycota, Hypocreales, Nectriaceae	Mic.	Fitopatógeno
<i>Fusarium solani species complex*</i>	7,98	15,95	Ascomycota, Hypocreales, Nectriaceae	Mic.	Fuente nutritiva. Degradación de celulosa y hemicelulosa. Detoxificación. Defensa contra patógenos. Fitopatógeno
<i>Graphium basitruncatum*</i>	0	0,45	Ascomycota, Microascales, Microascaceae	Mic.	Colonizador primario. Protección contra las defensas del hospedante. Fitopatógeno
<i>Kodamaea sp.</i>	0,20	0	Ascomycota, Saccharomycetales, Saccharomycetaceae	Lev.	Colonización de la madera
<i>Malassezia sp.</i>	0	3,35	Basidiomycota, Ustilaginomycotina, Exobasidiomycetes	Lev./Mic.	Colonización de la madera. Fuente nutritiva
<i>Paracremonium inflatum</i>	0	2,00	Ascomycota, Hypocreales, Nectriaceae	Mic.	Colonización de la madera. Fuente nutritiva
<i>Phialemonium dimorphosporum</i>	0,02	0	Ascomycota, Cephalothecales, Cephalothecaceae	Lev.	Colonización de la madera
<i>Raffaelea sp. 2</i>	0	1,50	Ascomycota, Ophiostomatales, Ophiostomataceae	Lev./Mic.	Fuente nutritiva. Fitopatógeno

* Especies utilizadas en pruebas de inoculación. Lev: Levaduriforme; Mic: Micelial

Las levaduras del género *Candida* fueron las especies más abundantes en este estudio y han sido tempranamente asociadas a los escarabajos de ambrosía (Batra 1963; Francke-Grosmann, 1967). Múltiples especies de *Candida* han sido reportadas en asociaciones con especies de platypodinae como *Platypus cylindrus*, *P. lewisi*, *P. koryoensis* (Henry, 1967; Endoh et al., 2008; Yun et al., 2015). En particular, *Candida insectalens* fue originalmente aislada de galerías del platypódido *Crossotarsus externedentatus* infestando a *Cryptocarya latifolia* y *Ficus sycomorus* en Sudáfrica (Van der Walt, 1972). Endoh et al. (2011) aislaron una especie de *Candida* filogenéticamente relacionada a *C. insectalens* de galerías producidas por *P. quercivorus* en varias especies de *Quercus* y *Castanopsis cuspidate* en Japón. Estas levaduras cumplen distintas funciones, pero la más ampliamente aceptada es la degradación de carbohidratos de la madera.

La asociación entre *Fusarium sensu lato* y los escarabajos de ambrosía han sido reportadas en numerosas investigaciones (Freeman et al., 2013; Ceriani-Nakamurakare et al., 2016; Short et al., 2017). Los resultados de este trabajo apoyan la relevancia de la interacción *Fusarium-Megaplatypus* y permiten hipotetizar sobre el rol de este microorganismo. Como en otras especies de escarabajos (Morales-Ramos et al., 2000; Geib et al., 2012) podría cumplir una función nutricional. Miembros del complejo de especies *Fusarium solani* tienen capacidad de degradar la celulosa y hemicelulosa y producen enzimas de detoxificación que contribuyen al establecimiento de otros hongos simbioses y probablemente ayudan a los escarabajos de ambrosía a superar las barreras del hospedante a la colonización (Sutherland et al., 1983; Lozovaya et al., 2006; Coleman et al., 2009). Además, podría ayudar a la defensa contra otros patógenos y nemátodos.

Especies de *Graphium* han sido reportadas en asociación con *Scolytodes unipunctatus* (Hulcr et al., 2007; Kolařík et al., 2015) y *P. cylindrus* (Bellahirech et al., 2014), lo que supone cierta relevancia en la interacción estudiada. *Graphium basitruncatum*, fue clasificada como una de las primeras en colonizar las galerías al ser transportadas por los machos de *M. mutatus* que inician la galería (Ceriani-Nakamurakare et al., 2016). Como colonizador primario una de sus funciones sería la de actuar como agente homeostático al entrar en contacto con las defensas del hospedante, por ejemplo, a través de la producción de terpenos (Arimura et al., 2004; Wang et al., 2013), donde la melanización tendría una función protectora (DiGiustini et al., 2011). Más recientemente se demostró que *G. basitruncatum* interviene en la comunicación intraespecífica a través de las tasas de conversión de un componente de la feromona masculina que atrae a las hembras (Slodowicz et al., 2019).



En cuanto al género *Raffaelea* es reconocida su interacción con varios escarabajos de ambrosía (Ceriani-Nakamurakare et al., 2016; Ploetz et al., 2017). En particular *R. santoroii* fue reportado tempranamente como simbionte de *M. mutatus* (Guerrero, 1996) pero no ha sido detectado en el estudio. Solo *Raffaelea* sp2 fue detectada en el intestino larval y en relativamente baja proporción, lo que sumado a lo anterior estarían reflejando los conocidos problemas de los marcadores ITS en ciertos hongos de ambrosía incluido el género *Raffaelea* (Fraedrich et al., 2008; Kostovcik et al., 2015).

Inoculación. En este primer ensayo y bajo las condiciones ambientales en que se realizó el estudio, las pruebas de inoculación no mostraron diferencias significativas en el tamaño de la lesión del control respecto a las plantas inoculadas con hongos (Fig. 1). De forma previsible, las plantas inoculadas no mostraron síntomas de decaimiento o muerte.

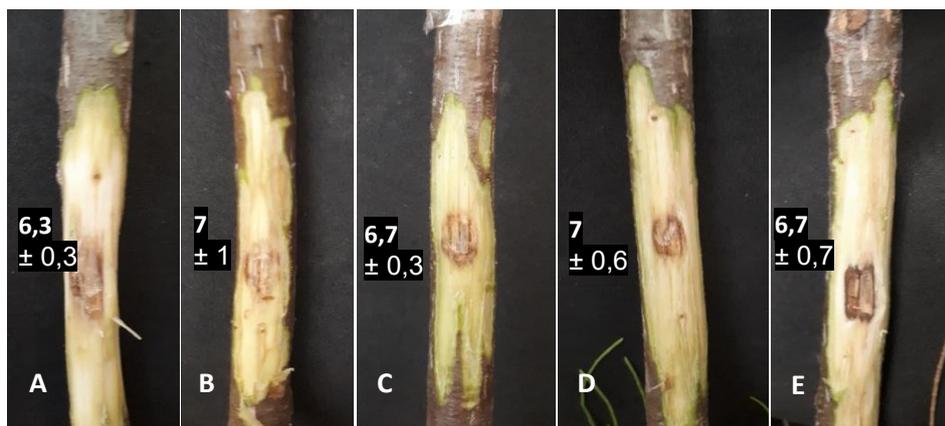


Figura 1. Plantines de casuarina cinco semanas pos-inoculación. Media (cm) \pm ES. A) Control; B) *Fusarium* A; C) *Fusarium* B; D) *Fusarium* sp2 y E) *Graphium basitruncatum*.

Los resultados de este ensayo sugieren que las cepas fúngicas estudiadas no colonizan significativamente el tejido en plantines, probablemente esto module la selectividad de *M. mutatus* por plantas más maduras (diámetros ≥ 13 cm).

Estos resultados preliminares no son suficientes para descartar a *M. mutatus* como agente causal, dado que existen otras especies de hongos identificadas en la interacción (cultivables o no) y/o la presencia combinada de varias especies fúngicas que podría generar decaimiento en ejemplares de mayor edad como los registrados en cortinas rompevientos. Cabe resaltar la presencia de múltiples antecedentes fitopatogénicos de los géneros *Fusarium* y *Raffaelea* vinculados con escarabajos de la ambrosía, como por ejemplo *Fusarium oxysporum* (Sanderson et al., 1996) y *Raffaelea quercivora* (Kubono & Ito, 2002; Ploetz et al., 2017).

4. CONCLUSIONES

La información generada en este trabajo contribuyó a comprender la interacción del escarabajo de ambrosía nativo *M. mutatus* y el hospedante exótico *C. cunninghamiana*.

Los hongos *C. insectalens* y *F. solani* alcanzaron la más alta proporción entre los hongos identificados por metagenómica y fueron los únicos identificados tanto en galerías como en intestino larval de *M. mutatus*.

Las pruebas de inoculación realizadas en plantas jóvenes bajo condiciones ambientales controladas con especies fúngicas provenientes de galerías de *M. mutatus* no fueron efectivas en reproducir sintomatología de decaimiento o muerte por lo que la hipótesis de patogenicidad en este estadio de *C. cunninghamiana* es rechazada.

5. LITERATURA CITADA

- ARIMURA G et al, 2004. Forest tent caterpillars (*Malacosoma disstria*) induce local and systemic diurnal emissions of terpenoid volatiles in hybrid poplar (*Populus trichocarpa* × *deltoides*): cDNA cloning, functional characterization, and patterns of gene expression of (-)-germacrene D synthase. *Plant J* 37:603–616
- BATRA LR 1963. Ecology of ambrosia fungi and their dissemination by beetles. *Trans Kans Acad Sci* (1903-) 66:213–236.
- BELLAHIRECH A et al, 2014. Comparison of fungi associated with *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera: Platypodidae)



- in Tunisian and Portuguese cork oak stands. IOBC/wprs Bulletin 101: 149–156
- CAPORASO JG et al, 2010. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nat Methods* 7:335
- CERIANI-NAKAMURAKARE E et al, 2016. Mycobiota associated with the ambrosia beetle *Megaplatypus mutatus*: threat to poplar plantations. *Forestry* 89: 191–200
- CERIANI-NAKAMURAKARE E et al, 2018. Metagenomic approach of associated fungi with *Megaplatypus mutatus* (Coleoptera: Platypodinae). *Silva Fenn*, 52.
- CERIANI-NAKAMURAKARE E et al, 2020. New insights into fungal diversity associated with *Megaplatypus mutatus*: gut mycobiota. *Symbiosis* 81, 127–137.
- COLEMAN JJ et al, 2009. The genome of *Nectria haematococca*: contribution of supernumerary chromosomes to gene expansion. *PLoS Genet* 5:e1000618
- DIGUISTINI S et al, 2011. Genome and transcriptome analyses of the mountain pine beetle-fungal symbiont *Grosmannia clavigera*, a lodgepole pine pathogen. *Proc Natl Acad Sci* 108:2504–2509
- ENDOH R et al, 2008. *Candida kashinagacola* sp. nov., *C. pseudovanderkliftii* sp. nov. and *C. vanderkliftii* sp. nov., three new yeasts from ambrosia beetle-associated sources. *Antonie van Leeuwenhoek* 94: 389–402
- ENDOH R et al, 2011. Fungus symbionts colonizing the galleries of the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*. *Microb Ecol* 62:106–120
- FRAEDRICH S et al, 2008. A fungal symbiont of the redbay ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in the southeastern United States. *Plant Disease* 92: 215–224
- FRANCKE-GROSMANN H 1967. Ectosymbiosis in wood-inhabiting insects. *Symbiosis* 2: 141–205
- FREEMAN S et al, 2013. *Fusarium euwallaceae* sp. nov. a symbiotic fungus of *Euwallacea* sp., an invasive ambrosia beetle in Israel and California. *Mycologia* 105: 1595–1606
- GEIB SM et al, 2012. Phylogenetic analysis of *Fusarium solani* associated with the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis*. *Insects* 3: 141–160
- GUERRERO RT 1966. *Revista Invest. Agropec.* 3: 97
- HENRY SM 1967. *Symbiosis: associations of invertebrates, birds, ruminants, and other biota.* Academic Press, New York & London. 462 p
- HULCR J et al, 2007. A new record of fungus-beetle symbiosis in Scolytodes bark beetles (Scolytinae, Curculionidae, Coleoptera). *Symbiosis* 43: 151
- KOLAŘÍK M et al, 2015. New species of *Geosmithia* and *Graphium* associated with ambrosia beetles in Costa Rica. *Czech Mycology* 67: 29–35
- KOSTOVCIK M et al, 2015. The ambrosia symbiosis is specific in some species and promiscuous in others: evidence from community pyrosequencing. *The ISME Journal* 9: 126–138
- KUBONO T, ITO S. 2002. *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience*. 43 (3): 255–260
- LOZOVAYA V et al, 2006. Lignin degradation by *Fusarium solani* f. sp. glycines. *Plant Dis* 90: 77–82
- MILLER KE et al, 2016. Metabarcoding of fungal communities associated with bark beetles. *Ecol Evol* 6:1590–1600
- MOHAMMED WS et al, 2018. Comparison of intestinal bacterial and fungal communities across various xylophagous beetle larvae (Coleoptera: Cerambycidae). *Sci Rep* 8:1–12
- MORALES-RAMOS JA et al, 2000. Symbiotic relationship between *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) and *Fusarium solani* (Moniliales: Tuberculariaceae). *Ann Entomol Soc Am* 93:541–547
- PLOETZ RC et al, 2017. Presence and prevalence of *Raffaelea lauricola*, cause of laurel wilt, in different species of ambrosia beetle in Florida, USA. *Journal of Economic Entomology* 110: 347–354
- RAMOS S, CERIANI NAKAMURAKARE E, GÓMEZ D, LANDI L. 2015. Indigenous *Megaplatypus mutatus* associated to wilting of Casuarina in Argentina. Congreso IUFRO. A global perspective on the ecology and management of bark and wood boring insects. Bariloche.
- RAMOS S. Distribución y progresión del decaimiento y muerte de casuarinas en el noreste de Entre Ríos. XXXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, 5 y 6 de Octubre de 2017
- SANDERSON F et al, 1996. A fusarium wilt (*Fusarium oxysporum*) of angkana (*Pterocarpus indicus*) in Singapore. *Arboricultural Journal*, 21, 187-204.
- SHORT DP et al, 2017. PCR multiplexes discriminate *Fusarium* symbionts of invasive *Euwallacea* ambrosia beetles that inflict damage on numerous tree species throughout the United States. *Plant Disease* 101: 233–240
- SLODOWICZ M et al, 2019. Sex pheromone component produced by microbial associates of the forest pest *Megaplatypus mutatus*. *Entomol Exp Appl* 167:231–240
- SUTHERLAND JB et al, 1983. Lignocellulose degradation by *Fusarium* species. *Can J Bot* 61:1194–1198
- VAN DER WALT J 1972. The yeast genus *Ambrosiozyma* gen. nov. (Ascomycetes). *Mycoph Mycol Appl* 46:305–315
- WANG Y et al, 2013. A specialized ABC efflux transporter G c ABC-G 1 confers monoterpene resistance to *Grosmannia clavigera*, a bark beetle-associated fungal pathogen of pine trees. *New Phytol* 197:886–898
- YUN YH et al, 2015. Yeast associated with the ambrosia beetle, *Platypus koryoensis*, the pest of oak trees in Korea. *Mycobiology* 43: 458–466
- ZHANG Z et al, 2018. Bacterial and fungal gut communities of *Agrilus mali* at different developmental stages and fed different diets. *Sci Rep* 8:1–11



ESPECIES FORESTALES COMO FUENTE DE COMPUESTOS ANTIFÚNGICOS PARA EL CONTROL DE *Cercospora sojina*

Christian J. SEQUÍN¹, Julia A. TROSSERO², Diego A. SAMPIETRO³, Pablo G. ACEÑOLAZA⁴

RESUMEN

Al finalizar la cosecha de una plantación forestal permanecen en el campo residuos compuestos por ramas, corteza, despuntes y hojas de los cuales se pueden obtener sustancias con potencial interés económico. Las especies forestales han demostrado tener actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antifúngica de 5 especies forestales sobre *Cercospora sojina*, hongo fitopatógeno causante de la enfermedad “mancha ojo de rana” del cultivo de soja. Para este estudio se recolectaron hojas, corteza, albura y duramen de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Kuntze, *Eucalyptus grandis* Hill, *Prosopis affinis* Spreng, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg y *Salix humboldtiana* Willd y se prepararon extractos diclorometánicos, de acetato de etilo y metanólicos. Como material biológico se utilizó la cepa *Cercospora sojina* NRBC 6715 y la actividad antifúngica se determinó mediante la inhibición del crecimiento micelial. Los extractos más promisorios fueron: el extracto metanólico de hojas de *B. salicifolius* el cual presentó halos de inhibición de 12,6 mm y extracto de acetato de etilo de hojas de *A. angustifolia* con halos de inhibición de 8 mm. Los resultados de este trabajo auspician el uso de residuos forestales como fuente de compuestos antifúngicos.

Palabras clave: fitoquímica, residuos forestales, soja

1. INTRODUCCIÓN

Argentina cuenta con 1,3 millones de hectáreas de bosque implantados en nuestro país (Peirano et al., 2019) y están compuestos por pinos (*Pinus* sp.), eucaliptos (*Eucalyptus* sp.), sauces (*Salix* sp.) y álamos (*Populus* sp.), de los cuales el 80% se concentra en la Mesopotamia (provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos) y el delta del río Paraná (MAGyP, 2015). Sumado a esto, en nuestro país los bosques nativos ocupan un total de 53 millones de hectáreas, distribuidas en siete regiones forestales: Selva Misionera (Selva Paranaense), Selva Tucumano Boliviana (Yungas), Parque Chaqueño, Bosque Andino Patagónico, Espinal, Monte y Delta e Islas del Río Paraná. Los bosques nativos y las plantaciones forestales tienen un enorme potencial para contribuir al desarrollo socioeconómico nacional (Peirano et al., 2019).

Tras la tala rasa queda en el campo una cantidad importante de residuos forestales, algunos de los cuales, son materiales que se desaprovechan ya que no son utilizados industrialmente por no ser convertibles en subproductos. La mayor parte de estos remanentes están compuestos por ramas, despuntes y hojas (Velázquez, 2006). En las zonas de cosecha suelen quedar del 35 al 45% del follaje arbóreo (Vidal, 1995). Asimismo, durante el procesamiento primario de los rollizos en aserradero, se desperdicia entre un 45 y un 50% del volumen entre costaneros, aserrín y corteza. Esta biomasa por lo general es subaprovechada, o directamente incinerada, y representa una fuente recuperable de materia prima para la obtención de aceites esenciales, ceras y extractos vegetales (Díaz, 1998).

Los extractos vegetales contienen diferentes tipos de metabolitos secundarios como, flavonoides, alcaloides, terpenos; que exhiben diferentes tipos de bioactividades como antioxidante, antibacteriana, antiviral o como es el caso de esta investigación, antifúngica. En este contexto los productos naturales

^{1 4} FCA - UNER / CICyTTP-CONICET. Contacto: sequinchristian@gmail.com, pablo.acenolaza@fca.uner.edu.ar

² FCA - UNER

³ UNT - CONICET



representan un potencial como coproductos de alto valor agregado derivados de la producción forestal. El desarrollo de tales coproductos a partir de la biomasa forestal ha quedado también plasmado en nuestro país en el marco del Plan Estratégico 2030 (Peirano et al., 2019). Las moléculas bioactivas podrían ser obtenidas tanto de especies forestales cultivadas como de especies provenientes de bosques nativos, permitiendo de esta manera aumentar la rentabilidad de toda la cadena agroforestal. En este sentido cobra gran importancia la búsqueda de nuevos compuestos químicos de utilidad para el sector agroproductivo.

Cercospora sojina, es causante de la enfermedad “mancha ojo de rana” en el cultivo de soja. Los síntomas típicos de la “mancha ojo de rana” son lesiones circulares a angulares, con centro claro y borde oscuro, en hojas, vainas y peciolos, sobre las cuales se forman conidios libres de color pardo oscuro (Bravo, 2019). Requiere mayor temperatura y humedad que las otras enfermedades de fin de ciclo de la soja. El hongo sobrevive, en forma de micelio, sobre las semillas infectadas, por lo que bajo condiciones favorables se pueden producir varias infecciones secundarias durante el ciclo del cultivo (Ivancovich, 2011). Existen variedades resistentes a este hongo, sin embargo *C. sojina* tiene una alta variabilidad genética por lo cual éstas variedades podrían quebrar resistencia con cierta facilidad (Bravo, 2019).

En este trabajo se evaluó la actividad antifúngica de extractos vegetales de 5 especies arbóreas regionales frente al hongo fitopatógeno del cultivo de soja *Cercospora sojina*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección y recolección del material vegetal: Se recolectaron las especies de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Kuntze, *Eucalyptus grandis* Hill, *Prosopis affinis* Spreng, *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Bergy y *Salix humboldtiana* Willd. Un ejemplar *voucher* fue depositado en el Herbario Lorentz (DTE). Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente y separadas en: hojas, corteza, albura y duramen y trituradas en molino mecánico.

2.2. Obtención de extractos: los extractos se prepararon a partir de 10g de material recolectado seco y molido, mediante la extracción con 100mL de: diclorometano (DCM), acetato de etilo (AcEt) y metanol (MeOH) a temperatura ambiente y filtrando a las 24 hs. (Vivot et al., 2006). Las fracciones obtenidas se evaporarán bajo presión reducida, conservándose los residuos secos a 2 °C hasta su utilización en los bioensayos. En el Cuadro 1, se listan los extractos utilizados en esta investigación.

2.3. Material Biológico: se utilizó la cepa *Cercospora sojina* NRBC 6715 presente en el cepario de la FBCB-UNL.

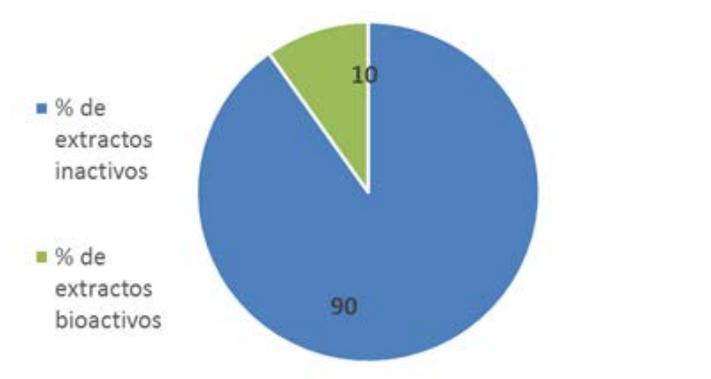
2.4. Bioensayo: Se procedió según la técnica descrita por Quiroga et al. (2009). En las placas de Petri con APG se colocaron discos de papel (Whatman n.º 4) estéril, de 5 mm de diámetro impregnados con los diferentes extractos. Los mismos se colocaron en la superficie del medio contenido en las placas, espaciados regularmente en forma excéntrica. Se trabajó con 6 repeticiones de cada disco y se incluyeron controles negativos (de solventes orgánicos) y positivos (difenoconazole). Las placas fueron invertidas e incubadas en estufa por 20 días a temperatura óptima de 25 °C con un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Luego se midió el diámetro del halo de inhibición del crecimiento micelial alrededor de cada disco. La actividad antifúngica de los extractos puede clasificarse de acuerdo a su intensidad, por el diámetro de los halos de inhibición generados en torno a discos, esa clasificación es: moderada de 8 a 10 mm, buena de 11 a 15 mm, y muy buena cuando el halo es mayor a 16 mm (Al-Hussaini y Mahasneh, 2011; Gakuubi, 2016). Con el objeto de adaptar la metodología a las características particulares de la especie de *C. sojina*, se llevaron a cabo las siguientes modificaciones. Inoculo: Para su preparación se utilizaron estrías del hongo, desarrolladas en APG, de 5 días de incubación. Las estructuras fúngicas (propágulos) se obtuvieron desprendiéndolas suavemente con un ansa y cuidando de no arrastrar medio agarizado. La concentración del inóculo se ajustó mediante el recuento en Cámara de Neubauer para lograr una concentración final de 4×10^3 - 5×10^4 UFC/mL. Además se efectuó el control del inóculo mediante un recuento microbiológico en superficie. Sobre cada placa se sembraron 100 μ l de solución de propágulos.

**Cuadro 1.** Extractos vegetales ensayados

<i>Especie</i>	<i>Parte</i>	<i>Solventes</i>	<i>Nro. de extractos obtenidos</i>
<i>Araucaria angustifolia</i>	Hojas	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Araucaria angustifolia</i>	Corteza	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Araucaria angustifolia</i>	Albura	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Araucaria angustifolia</i>	Duramen	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Hojas	DCIM y MeOH	2
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Corteza	DCIM y MeOH	2
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Albura	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Duramen	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Eucalyptus grandis</i>	Hojas	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Eucalyptus grandis</i>	Corteza	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Eucalyptus grandis</i>	Albura	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Eucalyptus grandis</i>	Duramen	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Prosopis affinis</i>	Hojas	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Prosopis affinis</i>	Corteza	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Prosopis affinis</i>	Duramen	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Salix humboldtiana</i>	Hojas	DCIM y AcEt	2
<i>Salix humboldtiana</i>	Corteza	DCIM, MeOH y AcEt	3
<i>Salix humboldtiana</i>	Albura	DCIM	1
<i>Salix humboldtiana</i>	Duramen	DCIM y MeOH	2

4. RESULTADOS Y DICUSIÓN

De los 51 extractos evaluados, el 10% presentó actividad antifúngica (Fig. 1). Si bien el porcentaje de bioactividad puede variar de acuerdo a la forma en que se seleccionan las especies (Postigo et al., 2012), es importante remarcar la importancia del *screening* entre numerosas especies y partes para dilucidar la bioactividad en algunas pocas. También es necesario remarcar que este valor del 10% también depende del número de cepas que se ensayen; en este trabajo al haberse ensayado solo una cepa genera más presión para la obtención de bioactividad.

**Figura 1.** Porcentaje de extractos que presentaron actividad antifúngica



En este trabajo se encontró un (1) extracto con actividad antifúngica buena (Fig. 2), correspondiente a extracto metanólico de hojas de *B. salicifolius* el cual presentó halos de inhibición de 12,6 mm. La actividad antifúngica observada en el extracto metanólico de hojas de *B. salicifolius* puede deberse a la presencia de pinocembrina en el extracto, la cual ha demostrado tener actividad antifúngica frente a *Cercospora kikuchii* (Sequín *et al.*, 2019). Además, el extracto de acetato de etilo de hojas de *A. angustifolia* presentó moderada actividad antifúngica con halos de inhibición de 8 mm. Tres extractos presentaron bioactividad baja y corresponden a: los extractos metanólico y de acetato de etilo de corteza de *A. angustifolia* y metanólicos de hojas de *E. grandis*. El resto de los extractos ensayados que suman un total de 46 no presentaron actividad antifúngica.

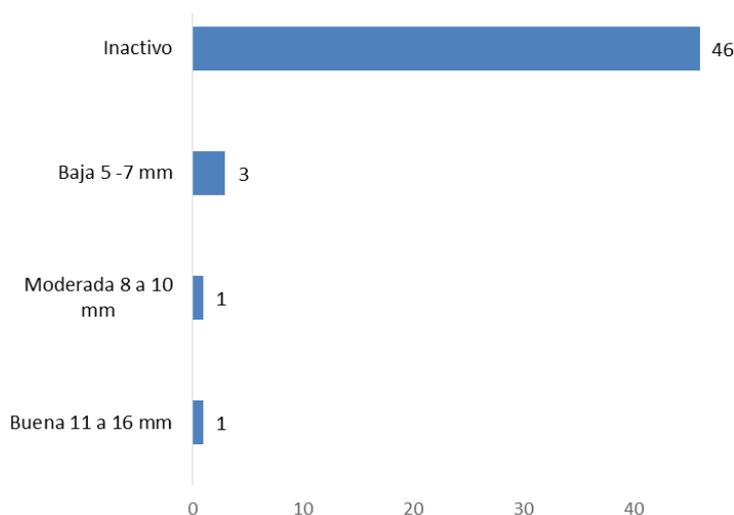


Figura 2: Número de extractos con bioactividad: buena (halos de 11-16 mm), moderada (halos de 8 -10 mm), baja (halos de 5-7 mm) e inactivos

Solo extractos de hoja y corteza exhibieron bioactividad. Esto podría estar relacionado a la mayor diversidad de metabolitos secundarios que se encuentran en estos tejidos. Desde el punto de vista del aprovechamiento de las especies forestales ensayadas, las hojas y la corteza serían residuos más promisorios para la obtención de compuestos útiles en el control de *C. sojina*.

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este trabajo se concluye que existen extractos bioactivos en las especies arbóreas estudiadas. Los mismos son potencialmente útil como antifúngicos para el control de *Cercospora sojina*. Se destacan los extractos de hojas de *B. salicifolius*, *A. angustifolia* y *E. grandis*, y el de corteza de *A. angustifolia*. La existencia de dichos compuestos de valor en los residuos forestales, podrían generar un mercado asociado al uso de dichos subproductos que en la actualidad poseen escaso desarrollo.

5. LITERATURA CITADA

- AL-HUSSAINI, R.; MAHASNEH, A.M. 2011. Antibacterial and antifungal activity of ethanol extract of different parts of medicinal plants in Jordan, en: *Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(1): 57-69.
- BRAVO, M.B. 2019. Estudio de la sensibilidad a fungicidas de aislados de *Cercospora sojina* Hara: agente causal de la mancha ojo de rana en el cultivo de soja. Tesis para obtener el grado de Magister en área Producción Vegetal, de la Universidad de Buenos Aires. Disponible en: INTA DIGITAL Repositorio Institucional Biblioteca Digital, <https://repositorio.inta.gov.ar/xmlui/handle/20.500.12123/5984> [13 de diciembre de 2019]
- DÍAZ, S. 1998. *Comportamiento del follaje de Pinus caribaea var. caribaea y Pinus tropicalis en el desarrollo de una metodología para la obtención de cera conífera, pasta clorofila-caroteno y residuo forrajero a escala de banco*. Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- DPF. 2015. ARGENTINA: Plantaciones Forestales y Gestión Sostenible. Ed. Dirección de Producción Forestal (MAGyP). 24 pp. Buenos Aires.



- GAKUUBI, M.M.; WAGACHA, J.M.; DOSSAJI, S.F.; WANZALA, W. 2016. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of *Tagetes minuta* (Asteraceae) against selected phytopathogenic fungi, en: *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 4(3):16-26.
- IVANCOVICH, A. 2011. Enfermedades de soja, diagnóstico y manejo Buenos Aires. Ediciones INTA. Disponible en: <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/fitopatologia/wp-content/uploads/sites/30/2018/03/Enfermedades-de-soja.-Diagnostico-y-manejo.pdf> [13 de diciembre de 2019].
- MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN ARGENTINA. 2015. Dirección de Producción Forestal. Publicación: Argentina: Plantaciones Forestales y Gestión Sostenible. Disponible en: http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/gestion-forestal-sostenible/publi_ambiental.pdf [13 de Diciembre de 2019].
- PEIRANO, C.; BUSSIO, D.; ANA VARELA, B. 2019. Elaboración del plan estratégico forestal y forestoindustrial Argentina 2030. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología Presidencia de la Nación Argentina, disponible en: <https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/sycf/publicacion-forestales-11-diciembre-2019.pdf> [20 de Diciembre de 2019]
- POSTIGO, A.; SVETAZ, L.; DERITA, M.; GETTE, M.A.; PETENATTI, M.; DEL VITTO, L.; PETENATTI, E.; ZACCHINO S. 2012. Discovery of antifungal plants in Argentinean San Luis Province: ethnomedical information or random selection? en: *Revista Eletrônica de Farmácia*, 9(1): 22-22.
- QUIROGA, E.N.; SAMPIETRO, D.A.; SGARIGLIA, M.A.; SOBERÓN J.R.; VATTUONE, M.A. 2009. Antimycotic activity of 5'-prenylisoflavanones of the plant *Geoffroea decorticans*, against *Aspergillus* species. *International Journal of Food Microbiology* 132 (1): 42-46
- SEQUÍN, C.J.; SAMPIETRO, D.A.; GOMEZ, A.A.; CATALÁN, C.A.; ACEÑOLAZA, P.G. 2019. Antifungals from forest trees: usefulness in the control of etiological agents of late season soybean diseases. *Annals of Applied Biology*, 174: 293-300.
- VELÁZQUEZ, B. 2006. Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética. *Ecosistemas* 15: 77-88.
- VIDAL, A. 1995. *Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas en la provincia Pinar del Río*. Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río, Cuba. PP 350
- VIVOT, E.; MUÑOZ, J.; HERRERO, I.; DRAGAN, A.; SEQUIN, C. 2006. Antimicrobial activity of dichloromethane extracts of eleven plants from the flora of Entre Ríos (Argentina). *Pharmacologyonline* 3: 845-849.



DETERMINACIÓN DEL DAÑO CAUSADO POR HORMIGAS CORTADORAS EN LA IMPLANTACIÓN DE *Pinus taeda*

Marcela NUÑEZ¹, Raúl PEZZUTTI² Edison CANTARELLI³

RESUMEN

El objetivo del trabajo es determinar el daño causado por hormigas cortadoras en una plantación de *Pinus taeda* y calcular el umbral de daño económico para la toma de decisiones. El estudio se realizó en un área de 2,8 ha con 12 hormigueros que fueron georreferenciados e identificadas las especies. Se realizó la plantación sin control de hormigas y se evaluó el daño causado por cada hormiguero hasta los 403 días. Se ajustaron modelos de daño en función del tiempo para las especies *Acromyrmex heyeri* y *A. lobicornis*. Con el daño causado y los costos de control se estimó el umbral de daño económico (UDE). A partir de los 200 días *A. heyeri* causó un daño por hormiguero del 2% de las plantas y *A. lobicornis* del 10%. La gravedad del daño producido a las plantas se incrementó a través del tiempo de manera lineal hasta los 180 días. A partir de ese momento, la tasa de incremento fue menor, llegando a la pérdida del 40% de la plantación a los 400 días. Se observaron manchones de daño crecientes en la superficie plantada. El UDE estimado varió de 0 a 1 hormiguero.ha⁻¹ durante el primer año de la plantación.

Palabras clave: control de hormigas, manejo de plagas, *Acromyrmex sp.*, ataque, umbral de daño económico

1. INTRODUCCIÓN

La actividad forestal es una de las más importantes en la región mesopotámica, aproximadamente el 60% de las plantaciones corresponde a *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*. La provincia de Corrientes posee 316.554 ha forestadas con *Pinus sp.* (Rojas et al., 2014) con distintos fines comerciales.

Las hormigas cortadoras (géneros *Acromyrmex* y *Atta*), están distribuidas ampliamente en Argentina (Quirán y Pilati, 1997) y su establecimiento en áreas forestales despierta grandes preocupaciones dado que causan graves daños y perjuicios a las plantaciones (Cantarelli, 2005).

El control de hormigas cortadoras se realiza principalmente mediante la aplicación de cebos granulados con fipronil (0,003%) o sulfluramida (0,3%). Debido a restricciones ambientales para uso de estos químicos (FSC, 2019), surge el compromiso para los silvicultores, de reducir paulatinamente la cantidad de producto aplicado y desarrollar métodos alternativos de control.

Para minimizar el uso de hormiguicidas reduciendo costos e impactos ambientales es necesario conocer el daño que causan las hormigas para tomar decisiones a través de diagnósticos de infestación y herramientas de manejo integrado de plagas (MIP) (Souza et al., 2011). Para un correcto MIP se debe conocer el Nivel de Daño Económico (NDE), que es la más baja población que causará daño económico. El Umbral de Daño Económico (UDE) es la densidad de población a la cual debe ser iniciada una acción de control para impedir que ésta alcance el NDE (Pedigo, 1996). Para la determinación del UDE se deben tener en cuenta las pérdidas de ingresos que resultan de daños por las plagas y los costos de tratamiento para prevenir daños inaceptables (Wylie, 2001), parámetros escasamente estudiados en hormigas cortadoras, debido a la complejidad de las variables involucradas en la determinación del daño (N° de hormigueros, especies, tamaño de hormigueros, pérdida de plantas, pérdida de crecimiento) (Reis Filho et al, 2011). Esto ha puesto un límite a la utilización de esta herramienta capaz de brindar un aporte importante en la búsqueda de eficiencia en la producción y rendimientos sostenibles (Pedigo, 1996).

¹ Marcela Nuñez Cresto. MNC Servicios Forestales S.R.L. Contacto: serviciosmnc@gmail.com/ tel.: 3743-413153

² Raúl Pezzutti. Forestal Bosques del Plata S.A. Contacto: rpezzutti@cmpc.edu.ar/ tel.: 376-4683041

³ Edison Cantarelli. Prof. Universidade Federal de Santa Maria. Contacto: engedison@yahoo.com/tel.: (55) 3744-8964



En este contexto, el objetivo del presente trabajo es determinar el daño causado por hormigas cortadoras en una plantación de *Pinus taeda* y estimar un UDE para la toma de decisiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un área de 2,8 hectáreas perteneciente a la empresa Forestal Bosques del Plata S.A. Las coordenadas geográficas del local son 27°54'58" LS y 56°07'22" LO, con una altitud de 107,5 m snm. El suelo es gris con drenaje deficiente en posición de relieve de tendido alto.

El clima de la zona es Cfa (KÖPPEN, 1948), siendo un clima mesotermal, cálido templado, sin estación seca, con precipitación máxima en el otoño y veranos muy cálidos. La temperatura media anual es de 20,5 °C y la precipitación media anual de 1800 mm.

Tres meses antes de la plantación fueron localizados 21 hormigueros correspondientes al género *Acromyrmex*. Posteriormente se preparó el suelo con camellones. Esta actividad provocó la mudanza de 9 hormigueros del área en estudio. De los 12 hormigueros presentes se registró la posición geográfica y diámetro. Se tomaron muestras de cada nido y se identificó la especie en laboratorio mediante la Clave de Kusnezov (1978). Luego se realizó la plantación con plantines de *Pinus taeda* de 3,5 mm de DAC y 30 cm de altura media a una densidad de 1428 plantas ha⁻¹ con espaciamiento de 4 m x 1,75 m. Con el fin de evaluar el daño que provocaría la presencia de hormigueros, se obviaron las tareas de control de hormigas en el área del ensayo.

Se realizaron 12 evaluaciones en intervalos crecientes en el tiempo cada 7, 15, 30 y 60 días. El estudio abarcó un período total 403 días. En cada evaluación se cuantificó a modo de censo, el número de plantas vivas y el número de plantas muertas o dañadas por los hormigueros en diferentes grados: daño grave (difícil recuperación, con 80 a 100% defoliación o muerte), daño medio a leve (menor a 80% de defoliación), plantas con secuelas del daño (deformaciones graves). Cada planta dañada fue asociada al hormiguero causante para lo cual se observaron los carriles, las especies y el avance espacial del daño. Los datos fueron ploteados para una mejor interpretación.

Se determinaron los parámetros y estadísticas relacionadas al tamaño y densidad poblacional. Los resultados fueron analizados en forma general (daño producido por el conjunto de hormigueros) y a nivel de especie (daños provocados por los hormigueros según la especie). Con los datos de número de hormigueros por especie, superficie y daño causado en la plantación, se estimó el daño provocado por un hormiguero ha⁻¹ para cada especie.

Se obtuvieron modelos de regresión donde la variable dependiente fue el porcentaje de daño grave y la variable independiente el tiempo posterior a la plantación. También se modeló, por especie, el % de ataque en el tiempo para una densidad de un hormiguero por hectárea.

El UDE por especie se estimó a partir del punto en el que el costo de control de una determinada densidad de hormigueros se igualó a la pérdida económica que produjo dicho nivel de infestación.

El costo de control (US\$ ha⁻¹) fue calculado en función de la mano de obra y cantidad de hormiguicida (cebo a granel p.a. fipronil 0,003%) necesarios para un rango de densidad de 0-20 hormigueros ha⁻¹. Este rango de densidad responde a niveles de infestación normales para la región. Los costos fueron determinados en base a la experiencia técnica y los costos operativos actuales de MNC S.R.L., según las técnicas de MIP aplicadas en la empresa Bosques del Plata S.A. (Pezzutti y Núñez Cresto, 2005).

La pérdida económica (US\$ ha⁻¹) ocasionada por cada especie se estimó de la siguiente manera:

Pérdida económica (US\$ ha⁻¹) = (Daño máx. % de 1 hormiguero ha⁻¹)/100 x N.º hormigueros ha⁻¹ x valor actual.

El valor actual fue calculado para un IMA de 32m³ ha⁻¹ año⁻¹, un turno de 14 años, un precio en pie de 5,0 US\$ m³ y una tasa del 8%. (Valor actual=Valor en pie/(1+i)ⁿ), donde: i: tasa interés, n: período.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta el número de hormigueros con su diámetro medio (cm), máximo, mínimo y desvío estándar para cada una de las especies encontradas.



Cuadro 1. Número y tamaño de los hormigueros observados de *Acromyrmex heyeri* y *A. lobicornis* en las 2,8 ha estudiadas.

Especie	N	D. Medio (cm)	D. Máx. (cm)	D. Min. (cm)	desvío estándar (cm)
<i>Acromyrmex heyeri</i>	9,0	60	80	30	15,8
<i>Acromyrmex lobicornis</i>	3,0	103,3	150	60	41,6

Haciendo un análisis general sin diferenciar especie, se observaron 4,3 hormigueros ha⁻¹. Los hormigueros presentaron un tamaño medio de 0,39 m². La densidad inicial expresada como superficie de hormiguero cada 10.000 m² fue de 1,7 m² ha⁻¹.

Los resultados del efecto del forrajeo de la población conjunta de 12 hormigueros, tomando en cuenta el grado de daño producido por el ataque, se representan en las Figuras 1 a y b.

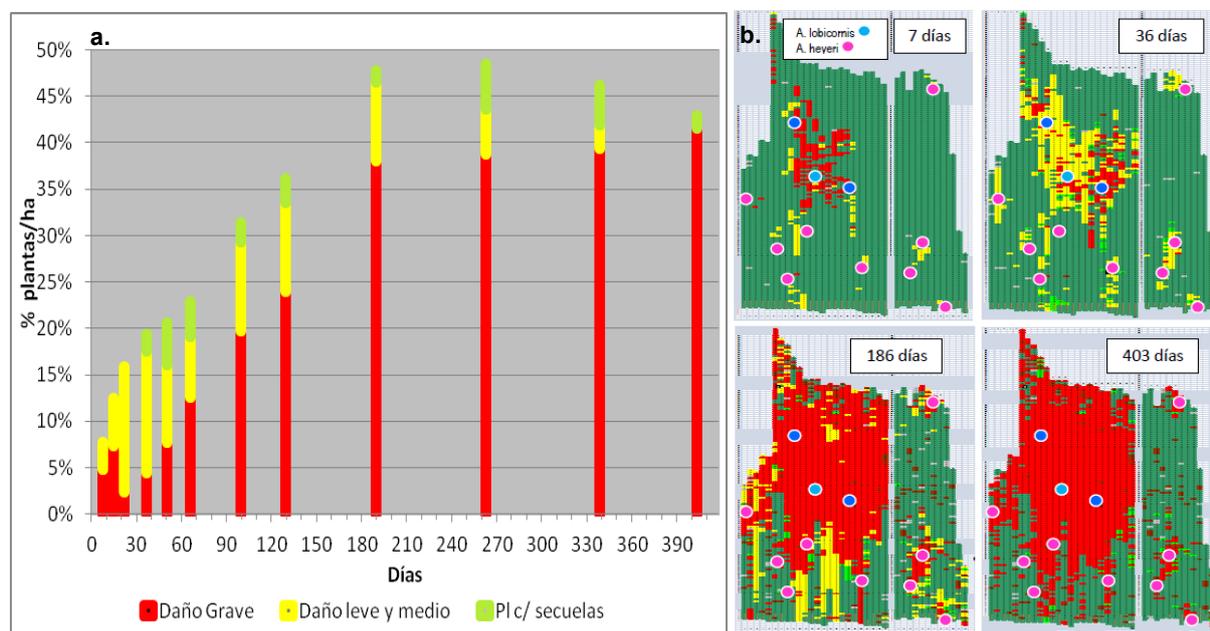


Figura 1. Evolución del ataque de hormigas en una plantación de *Pinus taeda* en el nordeste de Corrientes. **a.** Porcentaje de plantas atacadas a través del tiempo, diferenciando los niveles de daño relevados. **b.** Ploteo del relevamiento de daños de 4 evaluaciones, señalando la ubicación de los nidos de cada especie.

En la Figura 1a se observa que el ataque fue creciente de manera casi lineal hasta los 180 días desde la plantación llegando a dañar el 44% de las plantas, manteniéndose luego esos niveles con algunas fluctuaciones. Durante el proceso de forrajeo evaluado en el presente ensayo, se verificó que las hormigas dirigieron frecuentemente el ataque a hileras de plantas, a veces cortándolas desde el cuello, dejando una larga línea como si hubiese sido una falla de plantación, a veces con alguna planta viva intercalada (Ver Figura 1 b.). Los daños provocados a las plantas, en algunos casos fueron graves, con defoliaciones mayores al 80% y en otros casos con defoliaciones de menor intensidad, permitiendo una recuperación de las plantas, cuando dejaron de ser blanco de ataque. El comportamiento forrajero, variable a lo largo del año y entre colonias, depende de la disponibilidad y calidad de los recursos (Franzel y Farji-Brener, 2000, Delabie et al, 2003, Souza y Zanetti, 2007), así como las necesidades estacionales y el tamaño de la colonia (Farji Brener, 1993; Pilati et al., 1997; Alves y Della Lucia, 1999). A medida que iban disminuyendo en el área las plantas sanas, las obreras volvieron a forrajear a los ejemplares de pino en proceso de brotación, provocando la mortalidad progresiva de amplios sectores de la plantación.

Las Figuras 2 a. y 2 b. representan la evolución del ataque del conjunto de hormigueros y de un hormiguero de cada especie respectivamente.

En la Figura 2a. se pone de manifiesto que la gravedad del daño producido a las plantas se incrementó a



través del tiempo de manera exponencial hasta los 180 días. A partir de ese momento, la tasa de incremento fue menor, llegando a la pérdida del 40% de la plantación a los 400 días. Por otra parte, se verificó que la intensidad de ataque fue significativamente diferente entre los hormigueros de *A. heyeri* y *A. lobicornis*., comportándose esta última especie con mayor capacidad de forrajeo, abarcando mayor área (Figura 2b.). Ejemplos de variaciones en las tasas de forrajeo según diferentes especies de *Acromyrmex* fueron citadas por distintos autores, por ejemplo valores entre 0,14 kg año hormiguero⁻¹ para *A. striatus* (Armani y Quirán, 2007) hasta 8,47 Kg /año hormiguero para *A. lobicornis* (Pilati et al. 1997).

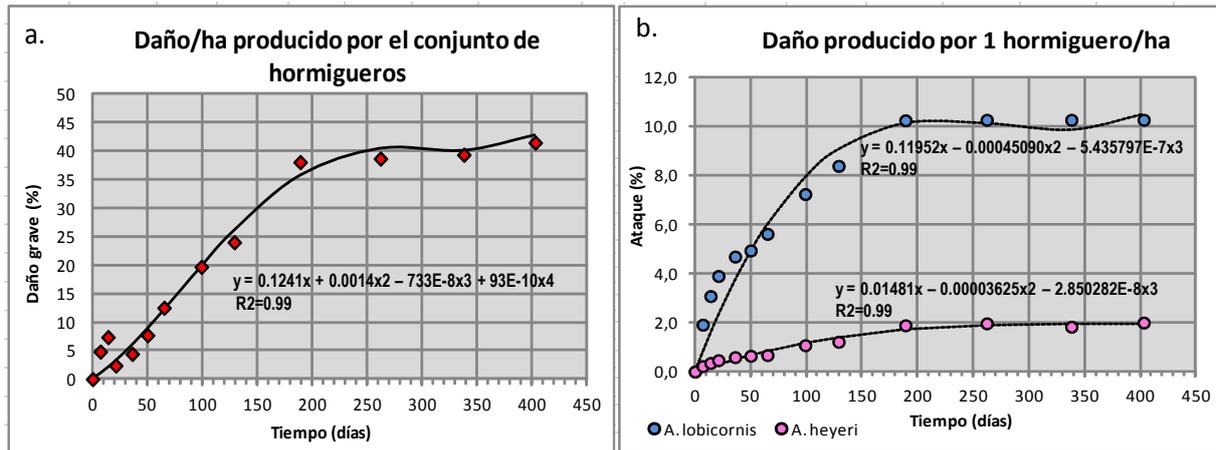


Figura 2. Evolución del ataque de hormigas en una plantación de *Pinus taeda* en el nordeste de Corrientes. **a.** Porcentaje de plantas ha⁻¹ con daños graves (cortadas a nivel de cuello o con defoliación mayor al 80%) en la superficie del ensayo. **b.** Daño producido por el ataque de un hormiguero/ha de cada especie presente.

Las Figuras 3a y 3b presentan el UDE estimado para *A. lobicornis* y *A. heyeri*, respectivamente.

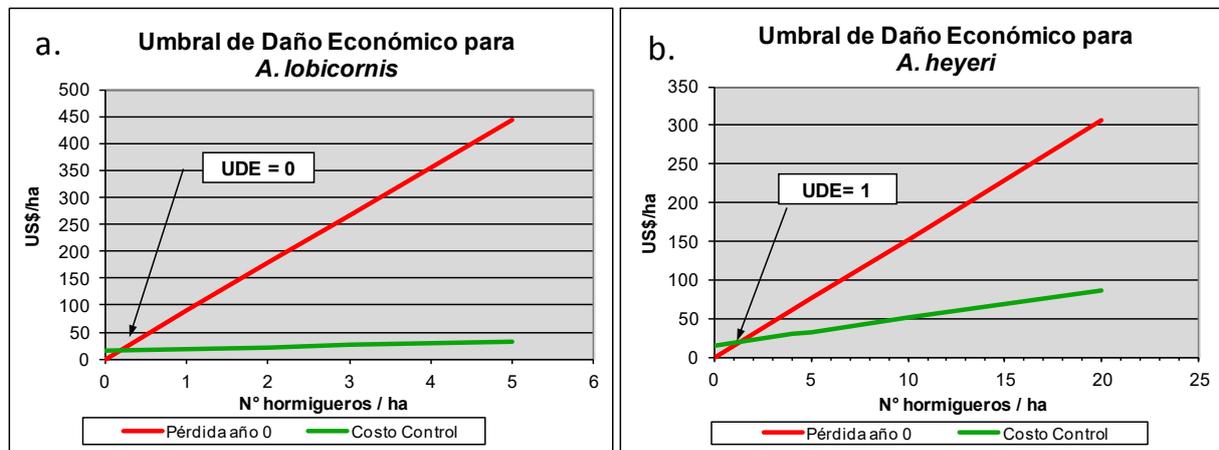


Figura 3. Estimación del UDE para *Acromyrmex lobicornis* (a.) y *A. heyeri* (b.) según pérdida de productividad.

La presencia de un hormiguero o más por ha de *A. lobicornis* o bien, más de un hormiguero de *A. heyeri* en el terreno a plantar, resulta en una pérdida económica (Figura 3a y 3b).

4. CONCLUSIONES

La presencia de hormigas cortadoras del género *Acromyrmex* es una limitante para la implantación de *Pinus taeda* ya que genera graves pérdidas económicas aún con bajos niveles de infestación.

Si bien existen diferencias en la capacidad de forrajeo dentro del género, es normal que convivan varias especies en la misma zona. El estudio de las especies presentes y su abundancia relativa puede indicar el potencial de daño de la plaga en una zona determinada.

El control de hormigas es una actividad indispensable para lograr forestaciones con una densidad de árboles adecuada para obtener los volúmenes comerciales planificados al turno.



Se recomienda que nuevos estudios se orienten a cuantificar el daño causado por hormigas cortadoras a edades avanzadas con la finalidad de determinar el UDE en esa etapa de desarrollo.

5. LITERATURA CITADA

- ALVES, M. A. R.; DELLA LUCIA, T. M. C. 1999. Is Eucalyptus citriodora attacked by leaf-cutting ants?. Revista *Árvore* 23 (1): 69-74.
- ARMANI, A.; QUIRÁN, E. 2007. Evaluación cualitativa y cuantitativa de la oferta y cosecha de biomasa herbácea por *Acromyrmex striatus* Roger (Hymenoptera: Formicidae) en la Provincia de La Pampa, Argentina. *Gayana* 71(2): 203-206. Comunicación breve. ISSN 0717-652X
- CANTARELLI, E.B. 2005. Silvicultura de precisão no monitoramento e controle de formigas cortadeiras em plantios de Pinus. Teses de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Brasil. 108 p.
- DELABIE, J. H. C.; OSPINA, M.; ZABALA, G. 2003. Relaciones entre hormigas y plantas: unaintroducción. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, p.167-180.
- FARJI BRENER, A. G. 1993. Influencia de la estacionalidad sobre los ritmos forrajeros de *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) en una sabana tropical. *Revista de Biología Tropical*, v.41, n.3, p.897-899.
- FRANZEL, C. y FARJI-BRENER, A. G. 2000. ¿Oportunistas o selectivistas? Plasticidad en la dieta de la hormiga cortadora de hojas *Acromyrmex lobicornis* en el noroeste de la Patagonia. *Ecología Austral* 10: 159-168. FSC. 2019. Listas FSC de pesticidas altamente peligrosos FSC-POL-30-001a. 1 de mayo de 2019.
- KÖPPEN, W. 1948. Las zonas del clima. In: *Climatología*. México: Fondo de Cultura Económica, 63 p.
- KUSNEZOV, N y GOLBACH, R 1978. Hormigas argentinas: claves para su identificación. *Minist Cultura y Educ, Fund Miguel Lillo, Tucumán*.
- PEDIGO, LP 1996. Economic Thresholds and Economic Injury Levels. University of Minnesota, National IPM Network 6 p.
- PEZZUTTI R. y NUÑEZ CRESTO, M. 2005. Manejo Integrado de Plagas en Forestaciones de Pino de Bosques del Plata. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Corrientes, Argentina, 6 al 9 de Septiembre de 2005
- PILATI, A., QUIRÁN, E. M., ESTELRICH, H. D. 1997. Actividad forrajera de *Acromyrmex lobicornis* Emery (Hymenoptera: Formicidae) en un pastizal natural semiárido de la provincia de La Pampa (Argentina). *Ecología Austral* 7 (1): 49-56.
- REIS FILHO, W., SANTOS, F., STRAPASSON, P., NICKELE M. 2011. Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulacao do ataque de formigas cortadeiras em Pinus taeda e Eucalyptus grandis. *Pesq. flor.bras. Colombo*, v.31, n.65, 9.37-42, jan/mar.
- ROJAS, R., WENDLER, A. & LÓPEZ, J. 2014. Los Bosques Cultivados. P 53-58. En: Celman L B. *Educar para un desarrollo forestoindustrial sustentable*. 1a ed. Provincia de Corrientes, Fundación Ambiente y Desarrollo; Consejo Federal de Inversiones; Dirección de Recursos Forestales de la Provincia de Corrientes. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: 140 p.
- SOUZA-SILVA, A.; ZANETTI, R. 2007. Forrageamento por *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: Formicidae) a campo em mudas de eucalipto pulverizadas ou imersas em soluções de extrato pirolenhoso. *Revista Árvore* 31(4): 753-759.
- SOUZA A., ZANETTI, R., CALEGARIO, N. 2011. Pest management. Nivel de Dano Econômico para Formigas-Cortadeiras em Função do Índice de Produtividade Florestal de Eucaliptais em uma Região de Mata Atlântica. *Neotropical Entomology* 40(4). Sociedade Entomológica do Brasil. 483-488 p.
- WYLIE R. 2001. Plagas, pestes y plantaciones. *Actualidad Forestal Tropical* 9/3. OIMT. p 6 -7.



**INDUSTRIALES MADEREROS
Y FORESTALES
DE ENTRE RÍOS
Y SUR DE CORRIENTES**

ASERRADERO STELLA



Más de 30 años al servicio de nuestros clientes ofreciendo productos de calidad

- ❖ Tableros Alistonados
- ❖ Blanck Clear
- ❖ Machimbres
- ❖ S 4 S
- ❖ Secados de Horno
- ❖ Finger Joint

Tel/Fax: 54-345-4905061 – Ruta 14 km 205 – (3287)
Ubajay – Entre Rios – Argentina

E-mail: aserraderostella@gmail.com

 0345-156021615





LA MEJOR SOLUCIÓN PARA TODAS TUS NECESIDADES

- FIJACIÓN
- ESTANQUEIDAD AL AIRE E IMPERMEABILIZACIÓN
- ACÚSTICA
- ANTICAÍDAS
- MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

Rothoblaas es una multinacional italiana que ha hecho de la innovación tecnológica su misión, convirtiéndose en pocos años en líder de las tecnologías para las construcciones de madera y para la seguridad en altura. Gracias a su vasta gama y a una red comercial presente en todo el territorio técnicamente preparada, se ha dedicado a transferir este know-how a todos sus clientes, proponiéndose como socio principal para el desarrollo y la innovación de productos y técnicas de construcción. Todo esto contribuye a una nueva cultura de la construcción sostenible, orientada a aumentar el confort de la vivienda y a reducir las emisiones de CO₂.

Para más información:
www.rothoblaas.es

rothoblaas

Solutions for Building Technology

GUANITO es un abono orgánico 100% natural, diseñado para aportar una cantidad elevada de nitrógeno, fósforo y potasio orgánicos totalmente disponibles para los cultivos.

Por su elevada cantidad de materia orgánica humificada y activa, mejora rápidamente las propiedades microbiológicas, físicas (estructura y retención hídrica), y químicas (aumento de la capacidad buffer y CIC) del suelo. El fósforo de **GUANITO** se encuentra estrictamente enlazado con el carbono orgánico, no experimentando ningún proceso de inmovilización en el suelo y quedando durante meses totalmente disponible para los cultivos.

Su mayor eficiencia le confiere un poder nutricional 3 a 4 veces mayor en relación a fertilizantes minerales. **GUANITO** contiene 700.000 UFC por gramo de fertilizante de bacterias PGPR del género bacillus y lácticas, que ayudan a la descomposición de la materia orgánica, crecimiento radicular, mayor disponibilidad de nutrientes, potencia la flora microbiana y la agregación del suelo. Entre las especies presentes se encuentran *Bacillus licheniformis*, *B. pumilus*, *B. sphaerothermophilus*, *Lactococcus lactis lactis 1*, *Paenobacillus macerans* y *Paenobacillus polymyza*.

GUANITO es adecuado tanto para la fertilización en transplante como para el aporte de nutrientes en etapas tempranas del cultivo.

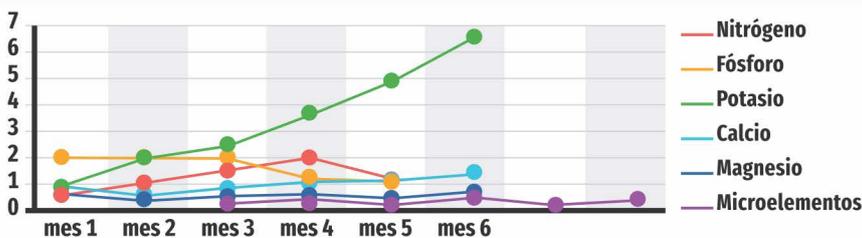
Ventajas

- ✓ Buen nivel fertilizante.
- ✓ Relación c/n adecuada y ph adecuado.
- ✓ Mínima humedad.
- ✓ Ausencia de semillas de malezas y residuos no deseados.
- ✓ Aplicación sencilla y homogénea.
- ✓ Buen control técnico de su evolución en el tiempo y analíticas fiables.
- ✓ Mínima salinidad.
- ✓ Entrega de nutrientes controlada.

Composición

Nitrógeno total (N).....	6%	Carbono orgánico biológico ...	22%
Anhidrido fosfórico (P ² O ⁵).....	15%	Ácidos húmicos.....	3.5%
Óxido de Potasio.....	3%	Ácidos fúlvicos.....	7.5%
Calcio (CaO).....	10%	Humedad.....	7%
Magnesio (MgO).....	2%	C/N.....	4.6
Microelementos.....	1%	Peso específico.....	0.8 kg/L
Materia Orgánica.....	55%	Formulación.....	Pellets 3 mm de diámetro

Curva de entrega de nutrientes en el tiempo



Dosis recomendada

Especie	Condición de suelo	Dosis gr/planta	Aplicación*
Eucalyptus	Franco arenoso - Arenoso	35 - 55	Fondo de hoyo o al costado luego de transplante.
	Franco arcillosos	25 - 55	
Pinus	Franco arenoso - Arenoso	20 - 30	Fondo de hoyo o al costado luego de transplante.
	Franco arcillosos	10 - 20	
Populus y Salix	Todos	35 - 55	Fondo de hoyo o al costado luego de transplante.
Casuarina	Todos	35 - 55	Fondo de hoyo o al costado luego de transplante.

* Es importante que quede incorporado en el suelo.

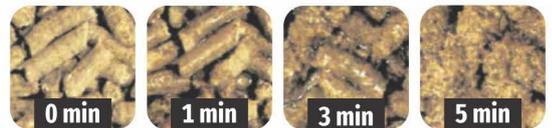


Ecofriendly



Suitable for organic farming

Tiempo de disolución de los pellets



Desde el punto de vista sanitario, los fertilizantes orgánicos de Italtollina están libres de bacterias y virus dañinos para la salud y sólo conservan los microorganismos benéficos, responsables de la mineralización de la materia orgánica, que además cumplen una función muy importante en el "agregado" de las partículas de suelo para mejorar la estructura del mismo.

Durante todo el proceso de elaboración los fertilizantes cumplen con las normas fijadas por el Reglamento CE 1774/02 y la norma ISO 14 001.



EVALUACIÓN DE CAMA DE POLLO COMPOSTADA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE ALGARROBO BLANCO (*Prosopis alba*)

Nicolás VAIMAN¹, Irma Isabel BERNIGAUD¹, Martín DURANTE¹

RESUMEN

Para lograr una adecuada plantación forestal se debe partir de un plantín vigoroso. El algarrobo blanco es una especie nativa de alto valor comercial en el mercado de la madera aserrada, de la cual se debería contar con mayor información, tanto a nivel de vivero como de campo. Los sustratos utilizados en la producción de plantines suelen depender de la disponibilidad local de los mismos. La cama de pollo es un subproducto de la industria avícola que se genera en grandes cantidades y que, si es adecuadamente procesado, puede utilizarse como sustrato. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aptitud de la cama de pollo compostada en la producción de plantines de algarrobo blanco. Para esto se llevó a cabo un ensayo en invernáculo en la EEA Concepción del Uruguay de INTA. Se probaron tres proporciones de cama de pollo compostada (tratamientos) y se evaluó altura, número de nudos, diámetro a la altura de cuello y peso seco de los plantines a los 30, 60, 90 y 120 días. El tratamiento con mayor proporción de cama de pollo produjo los valores más elevados en las variables medidas.

Palabras clave: *sustratos, subproductos, vivero, nativas*

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principios esenciales para lograr una plantación forestal es que el material de plantación sea sano y fuerte (FAO, 1978). Para lograr este material en vivero se debe asegurar, entre otros aspectos, que el sustrato que se utiliza posea las características físicas y químicas adecuadas para el desarrollo de los plantines. La combinación y preparación de los componentes en la formulación de un sustrato deben ser cuidadosamente estudiadas según los requerimientos de cada especie.

En el caso del algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.), considerada como uno de los recursos de mayor valor comercial en el mercado de madera aserrada, es importante contar con conocimientos y tecnologías de producción comercial, aspecto sobre el que existe escasa información (Salto *et al.*, 2016). En general, en la producción de plantines de algarrobo blanco se utilizan envases de polietileno como contenedor y mezclas constituidas por mantillo de monte y tierra común, o por tierra y arena como sustrato (Salto *et al.*, 2013). Recientemente, también se ha probado la corteza de pino compostada como componente del sustrato con buenos resultados (Salto *et al.*, 2016).

En Entre Ríos, otro subproducto que podría ser utilizado como componente de los sustratos es la cama de pollo usada. En Argentina (principalmente en Entre Ríos y Buenos Aires) se generan alrededor de 5.300.000 toneladas de este subproducto (Maisonave *et al.*, 2015) que está constituido por el material que se use como cama (viruta, aserrín o cáscara de arroz) más excreta de las aves, alimento caído y agua de los bebederos. Algunas experiencias en el sector hortícola indican que sería posible utilizarlo como abono. Sin embargo, también se han reportado algunos efectos negativos al usar la cama de pollo fresca, y una alternativa para minimizarlos sería el compostaje de este subproducto antes de utilizarlo (Paterlini *et al.*, 2017).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aptitud de la cama de pollo compostada en la producción de plantines de algarrobo blanco.

¹ Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay – INTA. vaiman.nicolas@inta.gob.ar, bernigaud.irma@inta.gob.ar, durante.martin@inta.gob.ar.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en un invernáculo de la EEA Concepción del Uruguay de INTA entre el 27 de noviembre de 2018 y el 5 de abril de 2019. La temperatura media registrada dentro del invernáculo fue de 27,2 °C con una mínima absoluta de 11,1 °C y una máxima absoluta de 47,7 °C. Los distintos sustratos ensayados (tratamientos) incorporaron la cama de pollo compostada en distintas proporciones (Cuadro 1). El compost de la cama de pollo utilizada fue elaborado con 78% de cama de pollo usada por un año y 22% de aserrín. Durante los primeros 4 meses se hizo un tratamiento de compostaje dinámico con un volteo por semana y los 14 meses restantes se hizo un compostaje estático (sin volteos).

Cuadro 1. Relación de volumen de los distintos componentes de los sustratos en los tres tratamientos (T1, T2 y T3).

Componentes	Relación de componentes del sustrato		
	T1	T2	T3
Cama de pollo compostada	2	0	3
Mantillo de monte	1	1	0
Perlita	1	1	1
Vermiculita	1	1	1
Turba (comercial)	1	1	1
Humus de lombriz	0	2	0

Las semillas de algarrobo blanco (*P. alba*) recibieron una escarificación con agua a 80°C y se dejaron en remojo por 24 horas previo a la siembra. Las mismas fueron sembradas el 27 de noviembre y emergieron el 5 de diciembre de 2018. La siembra se realizó en tubetes plásticos estriados de 400 cm³. Los días 19 de diciembre de 2018 y 4 de enero de 2019 se realizaron aplicaciones de tierra de diatomeas para el control de trips. Se realizaron observaciones de altura, diámetro a la altura del cuello (DAC) y número de nudos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la emergencia. También se comparó el peso seco (PS) de la parte aérea y de raíces del promedio en 8 plantines de cada tratamiento. En laboratorio se midieron la conductividad eléctrica y el pH por el método de dilución 1:10 de los distintos sustratos, obteniendo valores de parámetros de calidad de un compost clase A según el marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost (Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental y Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2019) para los tres tratamientos (Cuadro 2). Además, el porcentaje de germinación relativo de semillas (PGR), el crecimiento relativo de la radícula (CRR) y el índice de germinación (IG) de los tres sustratos presentaron valores aceptables (Eminio y Warman, 2004). Se realizaron riegos diarios en cantidades suficientes para generar drenaje por la base del tubete. Los datos fueron analizados mediante ANOVA en RStudio (R Core Team, 2016).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación relativo de semillas (PGR), crecimiento relativo de la radícula (CRR), índice de germinación (IG), conductividad eléctrica y pH de los distintos sustratos (tratamientos).

Tratamiento	PGR	CRR	IG	CE	pH
1	97	81	78	0,76	7,22
2	100	107	107	0,43	6,95
3	100	88	88	1,16	7,30

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, al final del ensayo los valores mínimos de las distintas variables se encontraron en el tratamiento 2 y los valores máximos en el tratamiento 3. Esto es, valores mínimos en el tratamiento sin cama de pollo compostada y máximos en el tratamiento con mayor cantidad de cama de pollo compostada. La altura a los 120 días varió entre 44,5 cm (en el T2) y 64,3 cm (en el T3) y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 3 y 2 (gráfico 1A). Algo similar ocurrió



con el número de nudos, que a los 120 días varió entre 14 (en el T2) y 21 (en el T3) con diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 3 y 2 (gráfico 1B). Con respecto al DAC, a los 120 días varió entre 2,7 mm (en el T2) y 4,3 mm (en el T3), con diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 3 y 1 con respecto al tratamiento 2 (gráfico 1C).

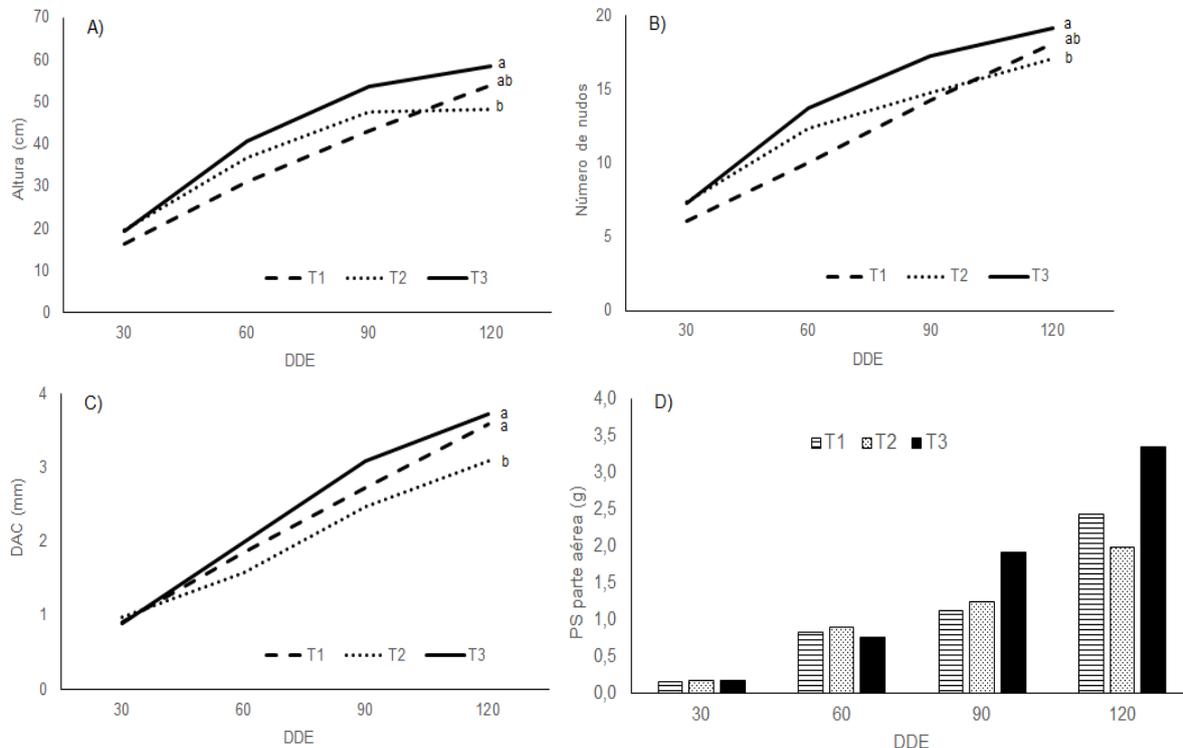


Gráfico 1. Variables medidas en los plantines en función del tiempo (DDE = días después de la emergencia) para los tres tratamientos. A) altura, B) número de nudos, C) DAC y D) peso seco de la parte aérea. Letras distintas a los 120 días indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El análisis del peso seco mostró mayores diferencias en la parte aérea que en las raíces. El peso seco de raíces promedio a los 120 días tuvo valores de 1,20 g para el T1, 1,22 g para el T2 y 1,24 g para el T3. El peso seco de la parte aérea, en cambio, mostró valores más elevados a los 120 días para los tratamientos 1 y 3 (gráfico 1D).

4. CONCLUSIONES

Este trabajo se presenta como una de las primeras referencias acerca de la utilización de la cama de pollo compostada para la producción de plantines forestales. Los resultados hallados indican que se podría emplear este subproducto en las proporciones evaluadas para la producción de plantines de algarrobo blanco con buenos resultados en la etapa de vivero. A partir de estos hallazgos iniciales, se plantea que a futuro se investiguen otras proporciones de cama de pollo compostada en el sustrato y también distintos tiempos de compostaje de la misma antes de ser utilizada. También se debería investigar la adaptación a campo de los plantines generados con este subproducto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Chaco (IIFA) por proveer las semillas de *Prosopis alba* y a *The Rufford Foundation* por otorgar parte de los fondos para realizar este trabajo.

5. LITERATURA CITADA

EMINIO, E.; WARMAN, P. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science and Utilization* 12 (4): 342-348.



- FAO. 1978. Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales. Estudio FAO: Montes 8. Chapman, G. W. y Allan, T. G. Dirección de Recursos Forestales, Departamento Montes. Roma, 206 p.
- R CORE TEAM. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SALTO, C. S.; GARCÍA, M. A.; HARRAND, L. 2013. Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*. Quebracho 21(1,2): 90-101.
- SALTO, C. S.; HARRAND, L.; OBERSCHELP, G. P. J.; EWENS, M. 2016. Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. Bosque 37(3): 527-537.
- SECRETARÍA DE CONTROL Y MONITOREO AMBIENTAL Y SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA. 2019. Marco Normativo para La Producción, Registro y Aplicación de Compost. Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primer/199874/20190110>
- PATERLINI, H.; GONZÁLEZ, M. V.; PICONE, L. I. 2017. Calidad de la cama de pollo fresca y compostada. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS). 69-78
- MAISONNAVE, R.; LAMELAS, K.; MAIR, G. 2015. Buenas prácticas de manejo y utilización de cama de pollo y guano. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/prensa/folletos_digitaes/contenido/Manual_Avicola.pdf



MAPEO DE VARIABILIDAD ESPACIAL DASOMÉTRICA POSRALEO DIFERENCIAL EN UN RODAL DE *Eucalyptus grandis*

María Fernanda BARRIOS¹, Pablo PACCIORETTI², Mónica BALZARINI²

RESUMEN

Se analizó la variabilidad espacial en diámetro a la altura del pecho (DAP) y en altura total (H) en una plantación de *Eucalyptus grandis* implantada en 1993, la cual sufrió un tornado en 1999 que afectó la estructura del rodal y sobre la que se aplicaron, en el año 2000, tres intensidades de raleo diferente. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la técnica de raleo sobre la homogeneización dasométrica de los individuos al final del turno. Usando el software Fastmapping v.2.0, se ajustaron diversos modelos de variabilidad espacial y se seleccionó el modelo para mapeo de variables dasométricas a los 13 años de edad de la plantación. La variabilidad espacial del DAP fue relativamente baja, con autocorrelación espacial hasta 41,7 m, la altura total de los árboles fue aún menos variable y con autocorrelación espacial hasta los 87,2 m. Se observaron 3 áreas homogéneas para DAP y 2 para H, independientes de los tratamientos de raleo realizados. Los resultados validan el concepto del raleo como técnica para homogeneizar las características dasométricas de los individuos dentro del rodal.

Palabras clave: *raleo, variabilidad espacial, zonas homogéneas, Fastmapping.*

1. INTRODUCCIÓN

El manejo sitio-específico (MSE) tiene sus comienzos a principios de los años 90, cuyo concepto moderno se refiere a la gestión agrícola y/o forestal de variables de sitio para potenciar la producción, favorecer la sostenibilidad del sistema y mejorar la calidad de la producción (Bedendo, 2013). El conocimiento de la ubicación o coordenadas espaciales de las unidades de análisis, por ejemplo, árboles dentro de un rodal, permite no sólo realizar tratamientos diferentes por sitio sino también modelar la variabilidad espacial (Thompson, 1986; Mora y Ramírez, 2000; Morales et al., 2016). Los modelos de variabilidad espacial constituyen el conocimiento base para crear información cartográfica (mapas) que representen la distribución espacial de la variable analizada en el área de estudio; integrar capas de datos en un sistema de información georreferenciada o SIG (Rozas y Camarero, 2005) y delimitar áreas homogéneas para una o varias variables de interés.

Las plantaciones forestales de especies de rápido crecimiento, como *Eucalyptus sp.*, usualmente se ejecutan a una gran escala de paisaje basándose en características sobresalientes del o los rodales sin el conocimiento sitio-específico de cada rodal (Pezzutti, 2014). La silvicultura sitio-específica o silvicultura de precisión puede mejorar la productividad y el valor de las forestaciones. La información geoespacial puede asistir a la planificación y gestión forestal, las operaciones o intervenciones a efectuarse, como también la aplicación de tecnologías puntuales para satisfacer la demanda de productos de alto valor (Taylor et al., 2006). Emplear tecnología sitio-específicas de un rodal apunta principalmente a focalizar la producción presente y futura a fin de mejorar la productividad en la siguiente rotación (Pezzutti, 2014). Los raleos sitio-específicos pueden servir para, transcurrido un tiempo, homogeneizar la producción forestal.

El mapeo de la variabilidad espacial de variables como diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total (H), hoy es más simple de implementar ya que existen ofertas de software que integran diversas

¹ EEA INTA Concordia. Contacto: barrios.fernanda@inta.gob.ar tel.: +54 345-4290000 int. 117.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba. Contacto: pablopaccioretti@agro.unc.edu.ar / mbalzari@gmail.com



técnicas geoestadísticas en una interfaz de usuario amigable y permiten un mapeo rápido de las variables e incluso la predicción espacial de estas variables en sitios no medidos (Paccioretti et al., 2020). Los mapas de variabilidad espacial univariados o multivariados permiten identificar factores directos o indirectos que afectan la homogeneidad de las variables de interés, delimitando áreas o zonas homogéneas para una mejor distribución de los recursos que se gestionan en la producción (Moral, Terrón y Marques da Silva, 2010).

En la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Concordia, se han generado bases de datos dasométricos de *Eucalyptus sp.* que albergan información proveniente de mediciones de ensayos experimentales y plantaciones comerciales de la región, donde el análisis de la variabilidad espacial dasométrica podría aportar distintos conocimientos. Uno de estos rodales, sufrió un tornado que generó gran heterogeneidad en su estructura y calidad. Por ello, se implementó un ensayo de raleo que involucra parcelas con distintas intensidades de extracción de árboles. Debido a que el raleo se realiza con la finalidad de homogeneizar la plantación para el turno final de corte, se espera que la variabilidad espacial posraleo en variables como DAP y H sea baja. En este trabajo se analiza la variabilidad espacial dasométrica de un rodal de *Eucalyptus grandis*, 7 años posteriores de la realización del raleo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El rodal de *Eucalyptus grandis* en estudio, pertenece al campo anexo “El Alambrado” de la EEA Concordia y se trata de una plantación realizada en la primavera de 1993, a una densidad inicial de 1066 pl/ha (distanciamiento original de 2,5 x 3,75 m). En el año 2000, luego que el rodal sufriese un tornado a mediados de 1999, se implantó un ensayo de raleo siguiendo un diseño en bloques completamente aleatorizados con tres tratamientos (sin raleo, 40% y 55% de la densidad inicial) y tres repeticiones, con parcelas de 1097 m². Mediante planos y distanciamientos se relevó la distribución espacial (coordenadas geográficas X e Y) de cada árbol y los datos de DAP y H medidos post raleo, a la edad de 13 años.

Para el análisis estadístico y mapeo espacial se trabajó en la plataforma del software Fastmapping v.2.0, aplicación web interactiva desarrollada en lenguaje R, que presenta una interfaz amigable para los usuarios sin necesidad de manipular códigos de programación (<http://fastmapping.psi.unc.edu.ar>) (Paccioretti et al., 2020). Usando las técnicas embebidas en el software se realizó un análisis de observaciones raras (outliers) para DAP y para H.

Se compararon tres modelos espaciales teóricos de semivariogramas (exponencial, esférico y gaussiano) tanto para DAP como para H, seleccionando al de mejor ajuste en función de la minimización del error cuadrático medio de predicción. El modelo fue usado para mensurar la variabilidad y covariabilidad dasométrica en el lote y para mapear la variabilidad espacial, en el mismo software. Usando el algoritmo de *cluster fuzzy k-means* sobre los datos de ambas variables y una métrica de distancia euclídea entre sitios dentro del rodal, se delimitaron zonas homogéneas o clústeres. Finalmente, se compararon estadísticamente las medias de cada zona en términos de DAP y H. De este último análisis se hizo un mapa espacial multivariado y se observó las medias de las variables.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron outliers espaciales ni globales en los datos de DAP medidos *a posteriori* del raleo, pero sí algunos outliers globales en la distribución de H. En el Gráfico 1 se representan los datos de H sin procesar y luego de la depuración de outliers.

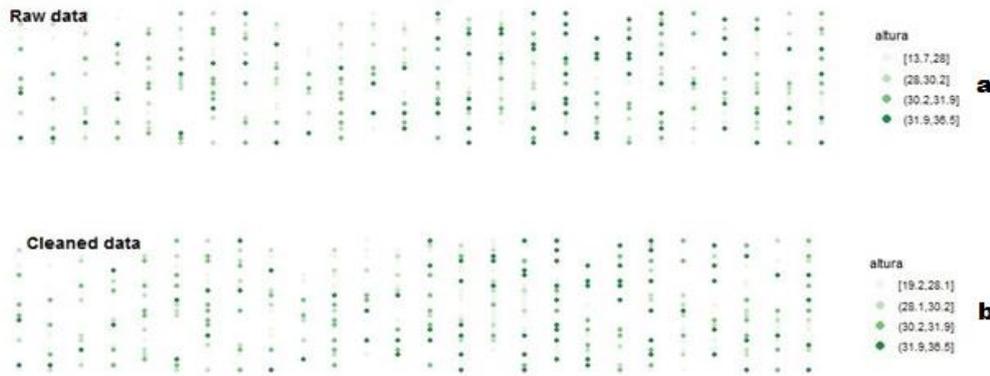


Gráfico 1. Altura de *Eucalyptus grandis* a los 13 años, posraleos diferenciales realizados a los 7 años de edad. Datos crudos y depurados.

En el Cuadro 1, se presentan medidas resumen dasométricas *a priori* y *a posteriori* del raleo. Se observa que posraleo, la variabilidad tanto en DAP como en H, decreció.

Cuadro 1. Medidas de resumen para las variables DAP (cm) y H (m) antes (PreR) y 7 años después (PostR) de un raleo a distintas intensidades en un rodal de *Eucalyptus grandis*.

Medida	DAP (cm)		H (m)	
	PreR	PostR	PreR	PostR
Mínimo	9,8	21,9	13,7	27,2
1°cuartil	21,8	24,0	28,0	29,0
Mediana	26,0	25,7	30,2	29,0
Media	25,3	25,5	29,4	29,6
3°cuartil	29,0	26,8	31,9	30,3
Máximo	39,5	29,1	36,5	31,3
CV (%)	24,0	6,4	15,6	2,6

CV: coeficiente de variación

El modelo teórico de semivariogramas que menor error de predicción presentó al ajustar la variabilidad espacial del DAP, fue el modelo Esférico (21% de error de predicción). En el caso de H, el modelo con mejor ajuste fue el Exponencial (11% de error de predicción). Estos modelos sugieren que los datos de DAP están correlacionados hasta una distancia de 41,7 metros y los de H hasta una distancia de 87,2 metros. En el Gráfico 2 se pueden observar los mapeos de la variabilidad del lote para las variables medidas.

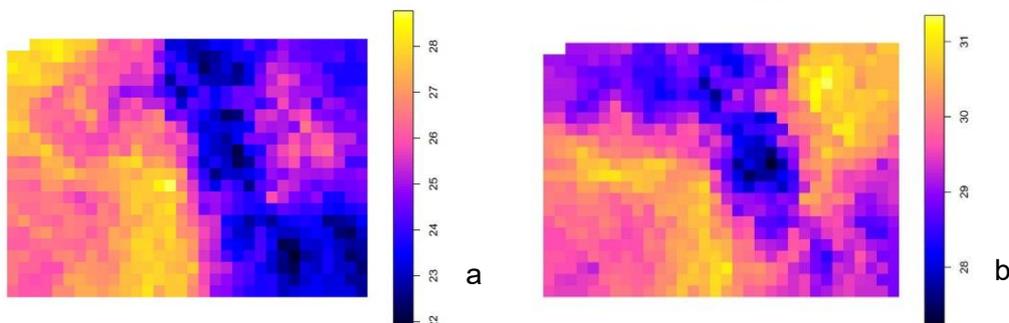


Gráfico 2. Mapeo de variabilidad del lote: a. DAP, b. Altura total (H)

Con el modelo de variabilidad espacial del DAP se identificaron tres zonas homogéneas o clúster de sitios y dos zonas a partir del modelo para H. Si bien se observaron diferencias estadísticas significativas entre las medias zonales de estas variables ($\alpha=0,05$), las zonas no se correspondieron con los tratamientos de raleo previos. El coeficiente de variación para DAP fue de 6,4% y los tres grupos de DAP estadísticamente distintos respecto de sus medias fueron: a. 23,5, b. 25,4 y c. 27,1



cm, prácticamente 2 cm de diferencia por cada grupo. En H solo se reconocieron dos grupos diferentes: a. 29,0 y b. 30,2 m, con un coeficiente de variación del 2,6% y 1 metro de diferencia en H entre estas dos zonas.

El análisis de zonificación bivariada, i.e. teniendo en cuenta ambas variables, muestra que existe una fuerte correlación espacial entre DAP y H (0,874, Gráfico 3). El mapa de predicción espacial considerando ambas variables distingue dos zonas homogéneas (Gráfico 4a) aunque estadísticamente entre estas zonas no existen diferencias significativas (Gráfico 4b). Las zonas podrían estar asociadas con variables de suelo o topografía, temporalmente estables, pero no con el raleo ya que la práctica se realizó con distintas intensidades en parcelas aleatorias distribuidas por todo el lote. Consecuentemente, estos resultados indican que el raleo ha homogeneizado la distribución dasométrica de los individuos y que los de mayor DAP también son los individuos de mayor H. Los resultados validan el concepto y finalidad del raleo; algunos autores han sugerido que una vez efectuado, redistribuye la densidad y espaciamiento para favorecer a los árboles selectos con un mayor diámetro y altura al final del turno de corta (Caniza et al., 2008, Espinoza et al., 2009, Guerra-Bugueño, 2012, Diaz Bravo et al., 2012, Mastrandrea et al., 2014, Masapanta Masapanta, 2015, Mastrandrea et al., 2016, García et al., 2017).

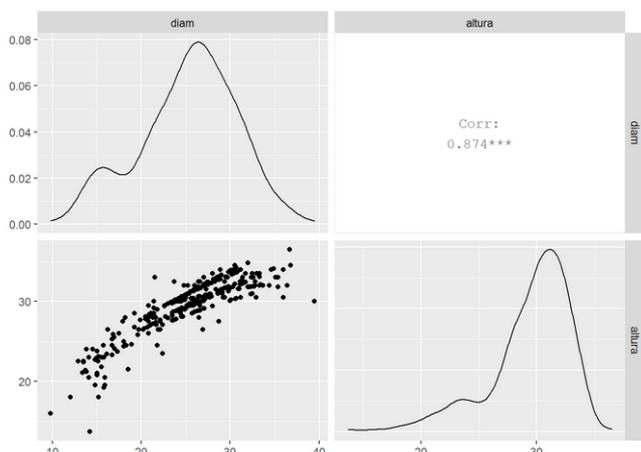


Gráfico 3. Distribución del DAP y de H en un rodal post-raleo. Correlación espacial entre variables.

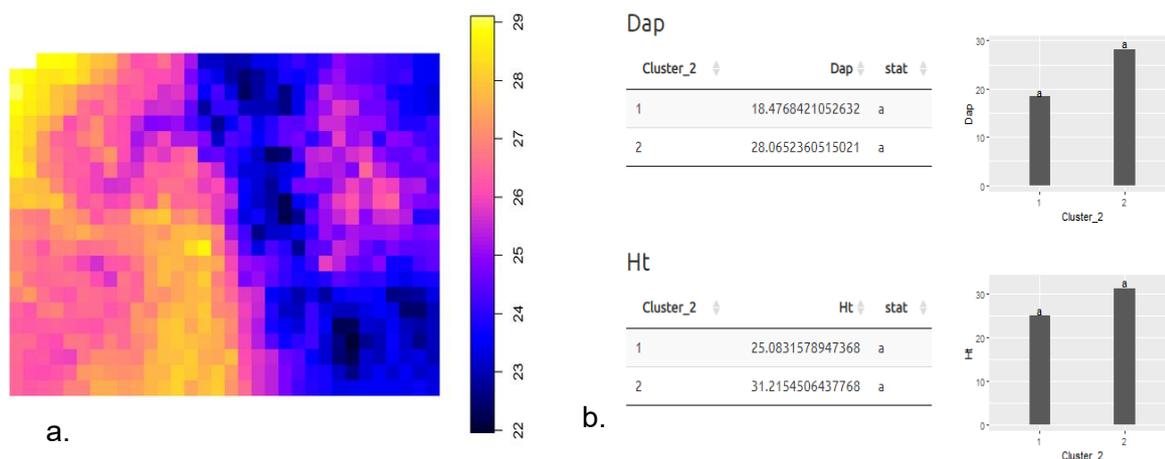


Gráfico 4. a. mapa de zonificación multivariado, b. validación del mapeo.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de las distintas intensidades de raleo dentro de distintos sitios en un rodal de *Eucalyptus grandis*, con alta variabilidad dasométrica praleo uniformizó la distribución espacial dasométrica de los individuos.



AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Ftal. (M. Sc.) María de los Ángeles García por facilitar los datos del ensayo mencionado, la colaboración y la corrección de la base de datos, a los técnicos y personal de apoyo INTA por efectuar las mediciones a campo, al igual que a todos los que hicieron posible presentar este trabajo.

5. LITERATURA CITADA

- BEDENDO, D.J. 2013. La aptitud forestal de los suelos como herramienta de zonificación en el contexto de una silvicultura de precisión. *XXVII Jornadas Forestales de Entre Ríos*. Concordia, Argentina. pp 1-17.
- CANIZA, F.; MASTRANDREA, C.; ALBERTI, S.; APARICIO, J.; INGARAMO, L. 2008. Efecto de diferentes intensidades de raleo en la densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis*. En: Jornadas Forestales de Entre Ríos. 30 y 31 de octubre 2008. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- DÍAZ BRAVO, S.; ESPINOSA, M.; VALENZUELA, L.; CANCINO, J.; LASERRE, J. P. 2012. Efecto del raleo en el crecimiento y algunas propiedades de la madera de *Eucalyptus nitens* en una plantación de 15 años. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 14(3), 373-388. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2012005000009>.
- ESPINOZA, E.; NAVARRETE, R.; FIGUEROA CARDENAS, X.; NOVOA BARRA, P.; ESPINOSA BANCALARI, M. 2009. Efecto del manejo silvícola y clase de copa sobre la densidad básica de *Eucalyptus nitens*. *Floresta*. 39(2):345-354. Recuperado de: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/viewFile/14561/9783>.
- GARCIA, M.; MASTRANDREA, C.; FLORES, M.; De la PEÑA, C. 2017. Curso: Principios técnicos para el cultivo de especies forestales de Entre Ríos, aspectos ambientales, manejo, costo y rentabilidad forestal [Material de difusión]. Texto informativo, EEA INTA Concordia, Chajari, Argentina.
- GUERRA-BUGUEÑO, E. 2012. Estudio de factores que incrementan la rentabilidad de plantaciones pulpables de *Eucalyptus globulus Labill.* en Chile (Tesis doctoral). Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes, Departamento de Ingeniería Forestal. 184p.
- MASAPANTA MASAPANTA, E.N. 2015. Efecto del raleo, sobre el crecimiento de balsa (*Ochoroma pyramidale* Cav. Ex Lam.) plantada en cinco densidades poblacionales (tesis de grado). Universidad de las Fuerzas Armadas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- MASTRANDREA, C.; FLORES, M.; GARCIA, M. 2014. Rentabilidad de diferentes manejos de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) en Entre Ríos (Argentina) según esquemas de comercialización de trozas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 11, 47. <https://doi.org/10.18845/rfmk.v11i27.1777>.
- MASTRANDREA, C., FLORES, M.; GARCIA, M. 2016. Rentabilidad de una plantación de *Eucalyptus grandis* bajo diferentes esquemas de intensidad y oportunidad de raleo a los 10, 12 y 16 años de edad, en el noreste de Entre Ríos. En: Jornadas Forestales de Entre Ríos. 29 y 30 de septiembre 2016. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- MORA, A.; RAMIREZ, G. 2000. Consideraciones Prácticas sobre el Análisis Estadístico Espacial de Experimentos Forestales de campos. *Revista Forestal Venezolana* 44(2):21-28.
- MORAL, F.J.; TERRÓN, J.M.; MARQUES DA SILVA, J.R. 2010. Delineation of management zones using mobile measurements of soil apparent electrical conductivity and multivariate geostatistical techniques. *Soil and Tillage Research*, 106 (2), 335–343. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.120002>.
- MORALES, V.; MORA, A.; GARAY, V.; VARELA, L. 2016. Análisis espacial de varianza como alternativa de evaluación de ensayos de progenies forestales. *Agronomía Costarricense*, 40(2). <https://doi.org/10.15517/rac.v40i2.27388>.
- PACCIORETTI, P.; CÓRDOBA, M.; BALZARINI, M. 2020. Desarrollo de un software para mapeo de variabilidad espacial en agricultura y ambiente. *AgriScientia*, 37(1), 75-84. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n1.27863>.
- PEZZUTTI, R. V. 2014. Silvicultura sitio específica, una herramienta para ajustar el manejo a la capacidad productiva del sitio. *XXVIII Jornadas Forestales De Entre Ríos*. Concordia, Argentina. pp. 1-12.
- ROZAS, V. y CAMARERO, J. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicados en ecología forestal. *Investigación Agraria: Sistemas & Recursos Forestales* 14: 79-97.
- TAYLOR, S.E.; MACDONALD, T.P.; FULTON, J.P.; SHAWN, F.W.; and BRODBECK, C.J. 2006. Precision forestry in the Southeast U.S. In: Precision Forestry in plantations, seminatural and natural forests. 2006. Editado por: Ackerman, P.A. et al. Stellenbosch P. 397-414.
- THOMPSON, J. 1986. Trend Surface Analysis of Spatial Patterns of tree size, Microsite Effects, and Competitive Stress. *Canadian Journal of Forest Research* 16:279-282.



EFFECTO DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN DE *Araucaria angustifolia* EN MISIONES, ARGENTINA. RESULTADOS HASTA LOS 45 AÑOS DE EDAD

Aldo KELLER¹, Ernesto CRECHI²

RESUMEN

A partir de un ensayo de densidades iniciales de plantación de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, instalado en el año 1.971 en la localidad de San Vicente, Misiones, Argentina, en el que se aplicaron 10 tratamientos, se evaluó el efecto de la densidad sobre la producción física, considerando especialmente el volumen total producido y el volumen del árbol medio de cada tratamiento. Las densidades ensayadas fueron desde 4444 hasta 625 plantas por hectárea. A los 45 años de edad no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en el volumen total con corteza producido. El volumen del árbol medio por tratamiento tiende a alcanzar valores similares, al igual que la densidad del rodal. Se observó que diferentes densidades de plantación convergen hacia una misma asíntota volumétrica, cuyo valor depende del sitio. Se comprueba de esta manera la hipótesis de que rodales con diferentes densidades de plantación, sin raleos, alcanzan en un período de tiempo lo suficientemente prolongado, en un mismo sitio y dentro de cierto rango de densidades iniciales, la misma asíntota volumétrica determinada por la capacidad productiva del sitio.

Palabras clave: *silvicultura, manejo forestal, pino paraná, volumen, productos*

1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales en la provincia de Misiones están basadas principalmente en especies de coníferas, entre las cuales se encuentran *Pinus taeda* L., *Pinus elliottii* Engelm., y desde hace algunos años, el híbrido entre *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y en menor medida, aunque con mucha historia, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze; esta última con un área plantada de 16.050 ha, aproximadamente un 4% de la superficie total forestada en la provincia (Friedl et al., 2017).

A pesar de ser una especie natural de la región y poseer varias características deseables tales como buena forma, calidad de madera y mayor valor en el mercado, esta especie ha sido desplazada por los pinos debido a diferentes factores: escasa disponibilidad de semillas y rápida pérdida de viabilidad, menor velocidad de crecimiento y elevada exigencia en calidad de sitio (Crechi, 1996).

La producción de una población forestal es determinada por los siguientes factores: la calidad del material genético (especie, origen, procedencia y el nivel de mejora), factores climáticos, edáficos y topográficos, cuya interacción representa el concepto de calidad de sitio, la densidad inicial y los tratamientos silviculturales aplicados (limpieza, raleos, podas, fertilización y otros).

Según Daniel et al. (1982) la densidad del bosque es el segundo factor en importancia, después de la calidad de sitio, en la determinación de la productividad de una población forestal. Además, la densidad es uno de los principales factores que el silvicultor puede manejar al desarrollar la plantación.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la densidad de plantación de *Araucaria angustifolia* sobre el volumen total producido y el volumen del árbol medio de cada tratamiento a los 45 años de edad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para el desarrollo de este estudio fueron obtenidos de un ensayo de densidades iniciales de

¹ Aldo Keller. INTA EEA Montecarlo, Misiones. keller.aldo@inta.gob.ar Tel: 03751-480512

² Ernesto Crechi. INTA EEA Montecarlo, Misiones. crechi.ernesto@inta.gob.ar Tel: 03751-480512



plantación de *Araucaria angustifolia*, instalado en el año 1.971 en el Campo Anexo Cuartel Río Victoria, cuyas coordenadas geográficas son 26° 56' de latitud sur y 54° 24' longitud oeste, altitud 534 m s.n.m., Municipio de San Vicente, Departamento Guaraní, Provincia de Misiones, Argentina.

Según Crechi (1996) el ensayo se encuentra instalado en un suelo clasificado como Kandiuult (Soil Survey Staff 1987). De acuerdo al relevamiento edafológico de la Provincia de Misiones, pertenece a la unidad cartográfica 9 (Mancini et al., 1964). Las características edáficas del sitio permiten clasificarlo como apto para el cultivo de *Araucaria angustifolia* (Fernández et al., 1999). El ensayo representó el primer uso del área luego del desmonte.

En cuanto al clima, Crechi (1996), indica que el sitio pertenece a la región climática 5, de acuerdo a la clasificación de Golfari (1965); correspondiendo a un clima subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o perhúmedo, con régimen uniforme.

En el Cuadro 1 se presentan las medias correspondientes a 17 años de observaciones realizadas en la Estación Meteorológica del Campo Anexo Cuartel Río Victoria.

Cuadro 1. Estadísticas climáticas Cuartel Río Victoria. San Vicente, Misiones

Variabes	Valores
Temperatura mínima absoluta	-4,1°C
Temperatura media	20,7°C
Días con heladas agronómicas	6,5
Precipitación media anual	2122,9 mm
Balance hídrico	Sin deficiencias

En 1971 se instaló el ensayo con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad inicial (densidad de plantación) sobre el crecimiento y la producción a lo largo de su ciclo productivo. Este ensayo ocupa un área de 3 hectáreas. El material genético utilizado correspondió a semillas comerciales de origen regional para la producción de plantas. El tamaño de las parcelas es de 1.000 m² (20 m x 50 m), y fueron dispuestas en 3 bloques completos al azar. Los tratamientos fueron 10 densidades iniciales comprendidas entre 4444 y 625 plantas por hectárea (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos aplicados en el ensayo de densidades iniciales de plantación de *Araucaria angustifolia*

Tratamiento Número	Marco de plantación (m x m)**	Densidad inicial (pl ha ⁻¹)
1	1,5 x 1,5	4444
2	1,5 x 2,0	3333
3	2,0 x 2,0	2500
4	2,0 x 2,5	2000
5	2,0 x 3,0	1600
6	2,5 x 2,5	1666
7	2,5 x 3,0	1333
8	3,0 x 3,0	1111
9	3,5 x 3,5	816
10	4,0 x 4,0	625

** El primer número indica la distancia entre árboles de una misma fila y el segundo indica la distancia entre filas.

La conducción del ensayo solo incluyó los cuidados culturales de los primeros años, sin podas ni raleos. Por lo tanto, las diferencias entre la densidad inicial de cada tratamiento y la correspondiente a las diferentes edades de medición se debieron a mortalidad natural.

El efecto de la densidad de plantación sobre la producción en volumen total con corteza (Vtcc) de *Araucaria angustifolia* a los 45 años de edad fue evaluado a través de un análisis de variancia (ANOVA), de acuerdo al diseño experimental del ensayo (bloques completos al azar). Para el mismo se utilizó la prueba de significancia de F con un nivel de confianza del 95% y el Test de Tukey para separar los tratamientos con diferencias significativas. Los datos fueron analizados con el Software Infostat (Di Rienzo et al., 2020).



El volumen total con corteza de cada árbol fue estimado a través de la ecuación de volumen para *Araucaria angustifolia* publicada por Keller y Crechi (2014):

$$v = (\exp(-9,57727+1,40276*\ln(d)+0,0890858*(\ln(d))^2+1,45553*\ln(h)-0,0973493*(\ln(h))^2))*1,003$$

Donde:

v = volumen total con corteza (m^3).

d = diámetro a la altura del pecho, a 1,30 metros de altura (cm).

h = altura total (m).

Los volúmenes de cada parcela fueron calculados como la sumatoria de los volúmenes individuales de los árboles contenidos en la misma ($\sum v$). Luego fueron convertidos a valores por hectárea para obtener el V_{tcc} .

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de la producción para estas edades es de particular interés, para validar las afirmaciones de que los 30 años sería la edad de rotación estimada para *Araucaria angustifolia* en las plantaciones de la región (Götz, 1992).

En el Cuadro 3 se muestran los valores medios de V_{tcc} a los 45 años de edad para las diferentes densidades de plantación evaluadas. Los máximos valores de v_{tcc} se correspondieron con las densidades de plantación de 1666 y 4444 pl ha^{-1} , mientras que, los menores valores se produjeron en las densidades iniciales de 816 y 1600 pl ha^{-1} . El análisis de variancia, para un nivel de confianza del 95%, no mostró diferencias significativas entre los V_{tcc} de las diferentes densidades de plantación.

Cuadro 3. Volumen total con corteza (V_{tcc} , $m^3 ha^{-1}$) de *Araucaria angustifolia* para 10 densidades de plantación a los 45 años de edad

Tratamiento (pl ha^{-1})	n	Media ($m^3 ha^{-1}$)	
4444	3	537,5	A
3333	3	501,7	A
2500	3	500,0	A
2000	3	496,1	A
1600	3	488,0	A
1666	3	540,0	A
1333	3	532,7	A
1111	3	504,0	A
816	3	474,0	A
625	3	504,0	A
Media del ensayo		507,8	

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

Los resultados del Cuadro 3 indican que los V_{tcc} son estadísticamente equivalentes e independientes de la densidad de plantación, lo cual refuerza la idea de que los rodales convergen hacia la misma asíntota volumétrica independientemente de la densidad inicial, dentro de ciertos límites.

Según los resultados obtenidos por Crechi et al. (1991), quienes trabajaron con datos del mismo ensayo, el análisis de variancia mostró diferencias significativas entre los volúmenes producidos en las diferentes densidades de plantación entre el período de 6 a 18 años. Al analizar las diferencias entre pares de medias observaron que las dos densidades más bajas, 625 y 816 pl ha^{-1} , fueron las únicas que mostraron valores significativamente inferiores con respecto a las otras densidades. A los 24 años de edad estas diferencias entre las medias de los tratamientos dejaron de ser significativas (Crechi, 1996). Con datos del mismo ensayo, analizados a los 30 años de edad, Fernández Tschieder (2004), y a los 35 años Keller et al. (2008) tampoco detectaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.



La comparación del volumen del árbol medio por tratamiento a los 45 años, calculado como el cociente entre el V_{tcc} y el número de árboles vivos por hectárea de cada tratamiento, mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos, tal como fue observado ya para los 30 y 35 años. Para su comparación, se procedió a calcular las proporciones relativas entre los volúmenes individuales de cada densidad, para lo cual se tomó como referencia el volumen del árbol medio de la densidad de 4444 pl ha⁻¹, por su menor tamaño debido a la competencia sufrida producto de la alta densidad. En el Cuadro 4 se observa que la proporción entre el volumen medio de 4444 pl ha⁻¹ y las demás densidades iniciales tiende a la unidad a medida que aumenta la edad. Esto indicaría que, rodales con diferentes densidades de plantación, y no raleados, tienden hacia el mismo valor de volumen medio por árbol, independientemente de la densidad inicial.

Cuadro 4. Comparación de volúmenes medios de *Araucaria angustifolia* para 3 densidades de plantación y 3 edades diferentes.

Edad (años)	Tratamiento (pl ha ⁻¹)	V_{tcc} (m ³ ha ⁻¹)	Densidad (pl ha ⁻¹)	Volumen medio (m ³ pl ⁻¹)	Proporción entre vol. medios
6	4444	82,8	3636	0,023	1
	1111	69,0	1018	0,068	2,98
	625	38,87	540	0,072	3,16
24	4444	501,29	1031	0,486	1
	1111	514,66	778	0,662	1,36
	625	451,75	520	0,869	1,79
45	4444	537,53	426	1,261	1,00
	1111	503,99	351	1,436	1,14
	625	504,04	348	1,447	1,15

4. CONCLUSIONES

A los 45 años de edad no se observaron diferencias significativas entre el V_{tcc} correspondiente a las diferentes densidades de plantación de *Araucaria angustifolia*. Esto demuestra que a esta edad el V_{tcc} es estadísticamente equivalente e independiente de la densidad de plantación; lo que refuerza la hipótesis de que rodales con diferentes densidades de plantación alcanzan en un período de crecimiento lo suficientemente prolongado, en un mismo sitio y dentro de cierto rango de densidades iniciales, la misma asíntota volumétrica determinada por la capacidad productiva del sitio.

Sin embargo, la equivalencia estadística del V_{tcc} entre densidades iniciales tan extremas, indica que a medida que aumenta la densidad el mismo V_{tcc} estará distribuido en un mayor número de árboles de volumen medio proporcionalmente menor.

La proporción relativa del volumen del árbol medio, tiende a la unidad a medida que aumenta la edad. Esto indicaría que rodales con diferentes densidades de plantación, no raleados, tienden hacia el mismo valor de volumen del árbol medio, independientemente de la densidad inicial.

La mayoría de las densidades iniciales presentaron a los 45 años un V_{tcc} mayor que a los 35 y 40 años de edad, aunque en un número cada vez menor de árboles. La causa de la mortalidad no se encuentra definida. Podría deberse tanto a la competencia entre los individuos que componen la masa como al ataque de algún patógeno.

5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

CRECHI, E. H. 1996. Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Misiones, Argentina. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 195 p.

CRECHI, E. H.; FRIEDL, R. A.; FERNANDEZ, R. A. 1991. El efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. PARTE III: Volúmenes de la masa. En: JORNADAS



TÉCNICAS, INVENTARIOS MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO FORESTALES (6.:1991: Eldorado). Acta. Eldorado: Facultad de Ciencias Forestales. p. 306-320.

DANIEL, P.; HELMS, V.; BAKER, F. S. 1982. Principios de Silvicultura. México: Mc-Graw Hill. 492 p.

DI RIENZO, J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. (2020) InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de URL <http://www.infostat.com.ar>

FERNÁNDEZ TSCHIEDER, Ezequiel. 2004. Desarrollo de un modelo de rendimiento en volumen para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. para diferentes densidades de plantación en Misiones, Argentina. Disertación presentada como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Forestal en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. 27 p.

FERNÁNDEZ, R. A.; LUPI, A. M.; PAHR, N. M. 1999. Aptitud de las tierras para la implantación de bosques. Provincia de Misiones. YVYRARETA 9: 41-49.

FRIEDL, R.A; GAUTO, O.A; GAUTO, J.A. 2017. Revisión de la evolución de los bosques implantados de Misiones y los regímenes de promoción. Revista YVYRARETÁ N° 25, 2017, pp 66-75. http://www.yvyrareta.com.ar/index.php/ediciones-anteriores/diciembre-2016-n23-3/item/download/249_38e97fdc17be6f3651464edbf0f7f058

GOLFARI, L. 1965. Regiones potencialmente aptas para plantaciones de *Pinus* y otras coníferas en América Latina. IDIA Suplemento Forestal, Buenos Aires, v. 2, p. 19-48.

GÖTZ, I. 1992. Manejo silvicultural de plantaciones de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. Situación actual y perspectivas futuras. II Jornadas Tecnológicas: Desarrollo Forestal Misionero en el MERCOSUR. INTA-UNaM-AMAYADAP. 7-11/07/92, p. 4552.

KELLER A; y CRECHI E. 2014. ECUACIONES DE VOLUMEN Y FORMA PARA *Araucaria angustifolia* (Bert.) Ktze CULTIVADA EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA. XVI Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones, 15 al 17 de Mayo de 2014.

KELLER, A.; CRECHI, E.; FERNÁNDEZ TSCHIEDER, E. 2008. Efecto de la densidad de plantación sobre la producción en volumen de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. en Misiones, Argentina, a los 35 años de edad. Jornadas Técnicas, Forestales y Ambientales, Eldorado, Misiones, 5-7 de Junio 2008. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM - EEA Montecarlo-INTA.

MANCINI, L.; SANESI, G.; LASERRE, S. 1964. Informe Edafológico de la Provincia de Misiones. Misiones: I.N.T.A - Gobierno de la Provincia de Misiones. 102 p.

SOIL SURVEY STAFF. 1987. Keys to soil taxonomy. Washington. (SMSS Technical Monogr., n. 6).



EFFECTOS DEL RALEO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* HASTA LOS 23 AÑOS EN EL NOROESTE DE MISIONES, ARGENTINA

Aldo KELLER¹, Ernesto CRECHI²

RESUMEN

El pino híbrido, *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* F2, de origen australiano, surgió como una alternativa a otros pinos tropicales hace más de 25 años en la provincia de Misiones. Como sucede con la mayoría de las especies nuevas de cultivo, no se tenía certeza de cuál sería su respuesta a diferentes tratamientos silvícolas, qué intensidad de raleos aplicar ni con qué frecuencia. Con el objetivo de estudiar estas respuestas se instaló un ensayo con diferentes tratamientos de raleo, aplicados desde los 5 años de edad. Los resultados a los 23 años de edad muestran que los tratamientos aplicados han tenido producciones volumétricas totales que van desde los 800 a 920 m³ ha⁻¹. El tamaño medio de los árboles de las parcelas sometidas a las distintas intensidades de raleo presentaron valores que variaron entre 1 y 2,5 m³ árbol⁻¹. Si el objetivo del manejo es producir gran cantidad de volumen mayormente aserrable deberían aplicarse raleos suaves, mientras que si se buscan árboles de grandes diámetros deberían aplicarse raleos fuertes.

Palabras clave: silvicultura, manejo forestal, pino híbrido, volumen, productos

1. INTRODUCCIÓN

El pino híbrido, *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* F2, de origen australiano, surgió como una alternativa, probablemente más tolerante al frío que otros pinos tropicales, y hace más de 25 años se cultiva en la provincia de Misiones. La especie reúne una serie de características deseables, tales como: fuste recto, copa estrecha (ramas cortas y finas), buen crecimiento, lo que la perfilaba como muy adecuada para sistemas silvopastoriles. En el sector industrial, según el destino de la madera, no se diferencia de los demás pinos cultivados en la región, ya que por ejemplo para la mayoría de las molduras y usos que no requieren alta resistencia estructural, no habría mayores restricciones para su uso. Como sucede con la mayoría de las especies nuevas de cultivo, en los primeros tiempos de su plantación en la región, no se tenía certeza de cuál sería su respuesta a los tratamientos de raleo, qué intensidad de raleos aplicar ni con qué frecuencia. El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados sobre la producción en volumen total de madera hasta los 23 años de edad y volumen individual, como respuesta a la aplicación de diferentes intensidades y oportunidades de raleo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar el efecto de diferentes modalidades de raleos, en el año 2001, sobre una plantación de pino híbrido F2 de 5 años de edad, en propiedad de la empresa LIPSIA SA, en Puerto Esperanza, Misiones, se instaló un ensayo de intensidades y oportunidades de raleos, con un diseño de 3 bloques completos al azar con 2 niveles de intensidad (25 y 50% de la diferencia entre el área basal de cada parcela y el del testigo en cada oportunidad de raleo – mencionados en adelante como t1 y t2, respectivamente) y testigos (sin raleo - en adelante t0), con 3 niveles de oportunidad (cada 2, 4 y 6 años, aplicados hasta los 17 años – referenciados en adelante como f1, f2 y f3, respectivamente). Según las diferentes combinaciones posibles de intensidad y oportunidad de raleos se obtuvieron las siguientes denominaciones: t0, t1f1, t1f2, t1f3, t2f1, t2f2 y t2f3, siendo por ejemplo t1f1 un raleo del 25% respecto al área basal del testigo en cada momento, realizado cada 2 años. Los raleos fueron por lo

¹ Aldo Keller. INTA EEA Montecarlo, Misiones. keller.aldo@inta.gob.ar Tel 03751-480512

² Ernesto Crechi. INTA EEA Montecarlo, Misiones. crechi.ernesto@inta.gob.ar Tel 03751-480512



bajo y semiselectivos. La densidad de la plantación y su área basal a los 5 años, antes de aplicar los tratamientos, fueron de 1.608 árb ha⁻¹ y 28,7 m² ha⁻¹, respectivamente. El ensayo instalado es una adaptación de lo sugerido por Fishwick (1974). Anteriores trabajos presentados por Crechi et al. (2004, 2012 y 2019) muestran ya varios resultados y tendencias sobre este ensayo.

A las edades de 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 y 23 años, se midieron los diámetros a la altura del pecho de todos los árboles vivos y la altura total correspondiente a una muestra de 10 árboles por parcela, con la finalidad de ajustar una ecuación que permita estimar la altura de todos los árboles de la parcela. Para la estimación de las alturas se procedió al ajuste de una relación hipsométrica que incluyó tanto variables de los árboles individuales como de estado del rodal, dado que por los tratamientos aplicados hay una gran disparidad en algunas variables, entonces se ajustó una relación hipsométrica para las edades de 5 a 23 años con variables de densidad del rodal, en lugar de ajustar una ecuación por tratamiento.

Para la determinación del volumen total con corteza de cada árbol se utilizó la tabla de volumen para pino híbrido publicada por Keller et al. (2015) y por sumatoria se obtuvo el volumen total por parcela en cada período de medición, que finalmente fue convertido a volumen por hectárea (Vtcc, m³ ha⁻¹).

El volumen total con corteza acumulado (Vtcc_{ac}) hasta los 23 años para cada tratamiento, expresado en metros cúbicos por hectárea (m³ ha⁻¹), fue calculado como: el volumen total con corteza (Vtcc) presente a los 23 años más lo extraído en cada raleo. El volumen del árbol promedio (v_i, m³) en cada tratamiento a los 23 años fue calculado como el cociente entre el volumen presente y el número de árboles vivos. Los análisis estadísticos (ANOVA, Test de Tukey, 95%) fueron realizados con el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2020).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para estimar las alturas de todos los árboles del ensayo en las distintas mediciones se ajustó una relación hipsométrica que incluye también a la densidad del rodal como variable predictora, a efectos de explicar la variabilidad en la densidad producida por los raleos. La ecuación resultante fue la siguiente:

$$h = \exp(3-6*(1/d)-3,11*(1/e)+0,00013*N^{0,5}+0,17*e^{0,5})$$

donde: h: altura total (m), exp: exponencial logaritmo natural, d: diámetro a la altura del pecho (1,3 m) (cm), e: edad (años) y N: densidad de la plantación (número de árboles por hectárea).

El Gráfico 1 muestra el número de plantas existentes a los 23 años en, los diferentes tratamientos aplicados. En el caso del testigo (t₀), la diferencia entre las iniciales y actuales se debe a mortalidad natural, pudiendo ésta ser por competencia, enfermedades u otras causas. La mortalidad en este caso fue de 47%, valor próximo al determinado por Crechi et al. (2013) en un ensayo similar con pino taeda en la misma zona geográfica.

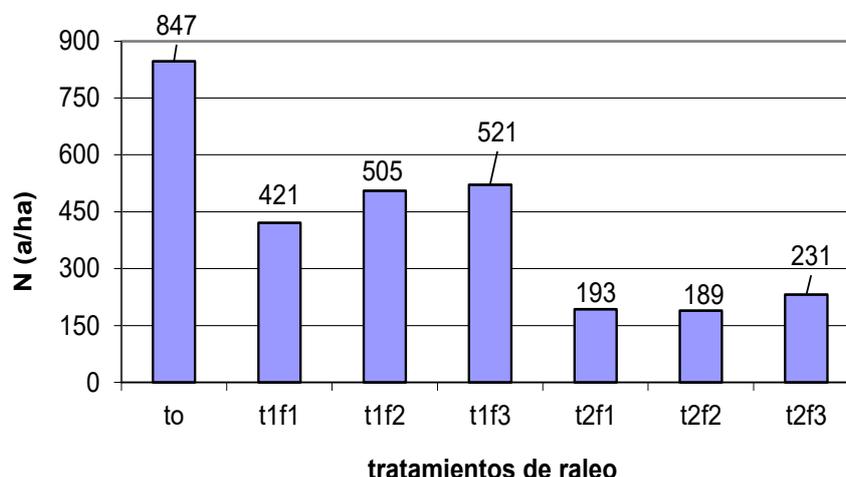


Gráfico 1. Densidad del rodal para diferentes tratamientos de raleo de Pino híbrido a los 23 años de edad.



El Gráfico 2 muestra los diámetros promedio de cada tratamiento a los 23 años. Las intensidades de los raleos aplicados han generado diferencias significativas entre los diámetros de los árboles, no así las oportunidades (según el análisis estadístico realizado no hay diferencias significativas entre las parcelas raleadas cada 2, cada 4 o cada 6 años, para una misma intensidad de raleo aplicada) Este gráfico indica que los tratamientos de raleo más intensivos tienen una mayor potencialidad de producir trozas de mayores diámetros, por ejemplo de 35 cm o más en punta fina con destino laminable, al momento de la tala rasa, de los raleos intensivos se obtienen en promedio $265 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (54% del volumen total), mientras que de los raleos menos intensivos se obtienen unos $93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (13% del volumen total), en tanto que los raleos suaves o sin raleos, predominarían las trozas aserrables.

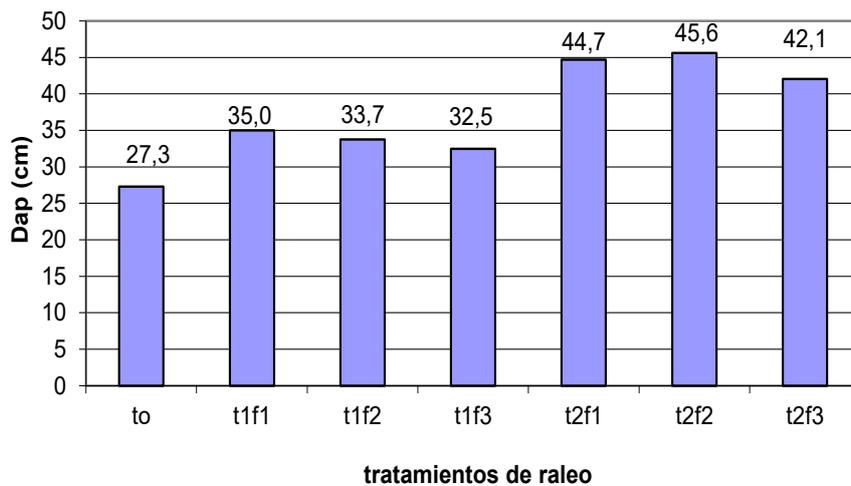


Gráfico 2. Diámetro promedio para diferentes tratamientos de raleo de Pino híbrido a los 23 años de edad.

El Gráfico 3 muestra los volúmenes totales al momento de la tala rasa (columnas verdes) y los acumulados a lo largo del ciclo de producción, obtenidos por la suma del volumen al momento de la tala rasa más lo extraído en los raleos (columnas rojas). En este gráfico puede verse el efecto de los tratamientos sobre el volumen total al momento de la tala rasa, pero también que los raleos suaves son los que terminan acumulando más volumen a lo largo del ciclo, ya que se extraen con fines maderables, árboles que se perderían por mortalidad natural. En cuanto a los tratamientos de raleo intensivos ensayados puede verse que hay un sacrificio total de volumen del orden del 10-12% en esa búsqueda de árboles más gruesos con la finalidad de obtener productos de mayores dimensiones y mejores precios.

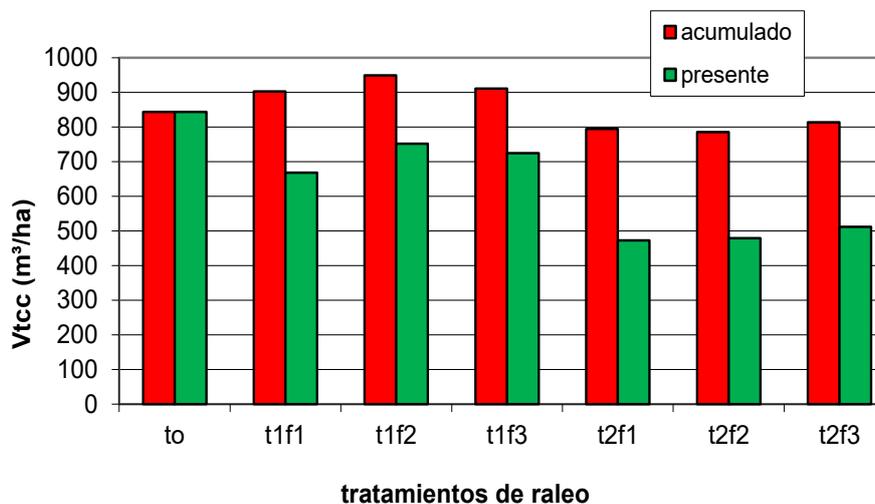


Gráfico 3. Volumen total presente y acumulado ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) de cada tratamiento de raleo de Pino híbrido a los 23 años.



El Gráfico 4 muestra los volúmenes del árbol medio de cada tratamiento y puede apreciarse el fuerte efecto de la intensidad de los raleos aplicados. Por el contrario, no se observa efecto tan claro cuando se consideran las oportunidades de aplicación de estos raleos.

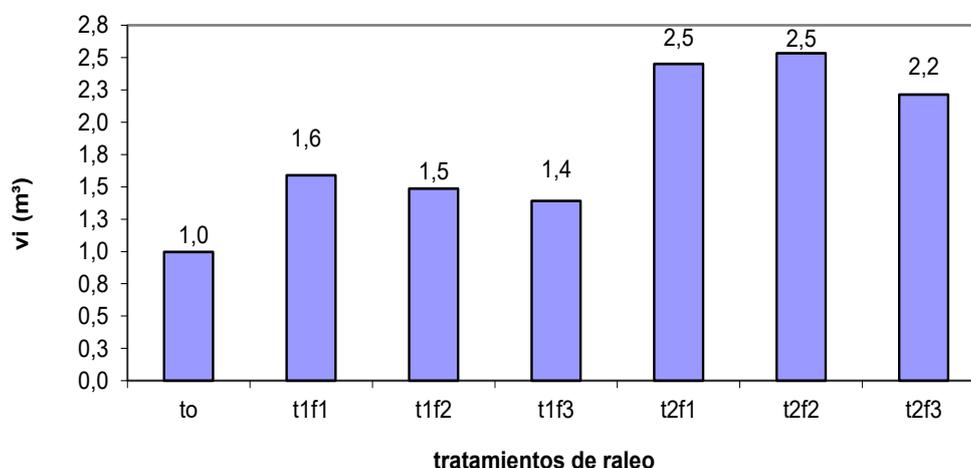


Gráfico 4. Volumen total del árbol promedio (m^3) de cada tratamiento de raleo de Pino híbrido a los 23 años.

4. CONCLUSIONES

Los tratamientos de raleo más intensivos aplicados en el ensayo produjeron una disminución de aproximadamente un 5% del volumen total con corteza en relación al testigo sin raleos y de 12% en relación a los raleos suaves hasta los 23 años.

La pérdida de volumen total debida a los raleos sería aceptable si el objetivo de la plantación es la producción de madera gruesa para destinos aserrables y laminables, dado que las diferencias de precio de dichos productos, sobre todo los laminables, suelen duplicar a los precios de los productos aserrables finos y medios que predominan en los raleos suaves o en los esquemas sin raleos.

Raleos más intensos, producen mayores volúmenes de productos de mayores dimensiones, además generan ingresos anticipados para el forestador.

Las oportunidades o frecuencia con que se realizaron los raleos no tuvieron efecto desde el punto de vista de la producción en volumen.

El efecto de la intensidad de los raleos sobre el volumen individual de los árboles fue altamente significativo.

Los incrementos medios anuales en volumen calculados a los 23 años (IMA_{23}) resultaron entre 34 y 41 $m^3 ha^{-1}año^{-1}$.

5. BIBLIOGRAFÍA CITADA

CRECHI, E.; MOSCOVICH.; F.; FRIEDL R.; FASSOLA H.; FAHLER J. (2004). Efectos de la intensidad del 1º raleo en *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sobre el incremento y la producción en el noroeste de Misiones, Argentina. En Actas CD: 11º Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF Eldorado – INTA EEA Montecarlo. Eldorado, Misiones. 8 p.

CRECHI, E.; KELLER A.; FASSOLA H.; FAHLER J.; MALETTI R. (2012). Efectos de la intensidad del raleo en *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sobre el crecimiento y la producción en el NO de Misiones. 15ª Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF – INTA. Eldorado, Misiones. 7, 8 y 9 de junio de 2012. 11 p.

CRECHI E.; KELLER A.; FASSOLA H.; FAHLER J.; MALETTI R. Efectos de la intensidad y oportunidad de raleo en *Pinus taeda* L. sobre la producción de madera en el noreste de Misiones, Argentina. IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Iguazú. 2013.



- CRECHI E.H.; KELLER A.E.; MALETTI R. (2019). Efectos de la intensidad y oportunidad del raleo sobre el crecimiento y la producción de *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a los 21 años en el NO de Misiones, Argentina. XVIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF Eldorado – INTA EEA Montecarlo.
- DI RIENZO, J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. (2020) InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de URL <http://www.infostat.com.ar>
- FISHWICK, R. (1974) Pesquisa de intensidad de desbaste. Revista Floresta, Vol. 5, número 1, pág. 35-45. Proyecto BRA-45(FAO/IBDF).
- KELLER, A. Y CRECHI E. (2015). Ecuaciones de volumen y forma para *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* cultivado en la zona noroeste de Misiones, Argentina. XXIX Jornadas Forestales de Entre Ríos.



EVALUACIÓN DE UN MODELO DE *DEEP LEARNING* PARA LA ESTIMACIÓN DE DENSIDAD EN BOSQUES IMPLANTADOS

Eduardo HILDT¹, Andrés LESZCZUK², Francisco SOMMA³

RESUMEN

Los avances logrados en la última década en el campo del *Deep Learning* están transformando la mayor parte de las actividades productivas. En el área forestal, el monitoreo de bosques y la planificación y el seguimiento de las operaciones de aprovechamiento pueden verse beneficiados por aplicaciones de nuevas técnicas derivadas de las mejoras logradas en los sistemas de visión por ordenador. En este estudio evaluamos la capacidad de un modelo de *Deep Learning* entrenado para la detección de árboles en imágenes aéreas. El modelo logró detectar los árboles y estimar correctamente la densidad en rodales de *Pinus taeda* y *Araucaria angustifolia*. La precisión de las estimaciones dependió del tamaño de los recortes de las imágenes suministrados al modelo y de un umbral en la superposición de copas. Los resultados observados muestran el potencial de este modelo aplicado al relevamiento de masas forestales densas, posibilitando la estimación precisa de la densidad del bosque. La aplicación práctica de esta herramienta dependerá de nuevas investigaciones que realicen calibraciones locales del modelo con diferentes especies forestales, bosques con distinta densidades e imágenes de diferentes resoluciones.

Palabras clave: *inventario, aerofotogrametría, DeepForest, teledetección, drones.*

1. INTRODUCCIÓN

Al momento de planificar las intervenciones que se realizarán en un rodal forestal (raleos y talas rasas), es fundamental contar con una determinación precisa de su densidad. Los inventarios forestales afrontan este problema aplicando un método de muestreo para determinar las características de los árboles en una fracción de la superficie, estimando luego las variables dasométricas (densidad, área basal, diámetro medio, volumen medio y volumen total) para el rodal completo. En bosques implantados con distribuciones espaciales heterogéneas, contar con la densidad real de árboles, mejorará la determinación de las variables asociadas a la densidad y la distribución espacial de los individuos.

En la última década el área del aprendizaje automatizado (*machine learning*) ha experimentado grandes avances, principalmente en el campo de la visión por ordenador. El desarrollo de las redes neuronales ha permitido entrenar modelos que son capaces de aprender a discriminar elementos caracterizados por un gran número de variables. Un claro ejemplo es el análisis de los elementos contenidos en imágenes, a partir del desarrollo de redes neuronales convolucionales (CNN). Estos modelos se basan en etapas sucesivas de compresión que reducen la resolución de una imagen al mismo tiempo que interpretan cuales son las principales características de los objetos representados. Una CNN puede ser configurada para analizar una imagen bidimensional y resumirla en un vector numérico que describa su contenido. Además, estos tipos de redes pueden combinarse para formar modelos más complejos capaces de detectar y clasificar objetos, como los empleados en los sistemas que asisten a los vehículos autónomos. En el campo forestal, las redes convolucionales están siendo utilizadas para la diferenciación de usos del suelo y la delimitación de zonas de bosque nativo e implantado con imágenes satelitales (Wagner et al., 2020). En el análisis de la degradación de los bosques nativos, Wagner et al. (2020) han entrenado una CNN para realizar la detección de parches ocupados por *Cecropia holocarpa* y *Tibouchina pulchra* dentro de superficies del Bosque Atlántico.

1 Eduardo Hildt, CONICET – UNaM. Contacto: eduardohildt@gmail.com

2 Andrés Alejandro Leszczuk, CONICET. Contacto: leszczukandresalejandro@gmail.com

3 Francisco Ferrando Somma, Ingeniero Forestal. Contacto: franciscosomma@hotmail.com



Weinstein et al. (2019) desarrollaron *DeepForest*, un modelo especializado en la detección de copas de árboles en imágenes RGB de alta resolución espacial. Este modelo fue construido por medio del re-entrenamiento del modelo de detección de objetos *RetinaNet*. Los datos de entrenamiento correspondieron a 4 bosques de Estados Unidos integrados en la red NEON (*National Ecological Observation Network*). Estos comprendieron la combinación de imágenes aéreas con una resolución de 0,1 m/px, junto con la posición de los árboles existentes detectada por medio de LiDAR (*Light Detection and Ranging*) y por medio de la observación visual de las imágenes. Estos datos abarcaron bosques puros y mixtos con especies de los géneros *Pinus*, *Quercus*, *Abies*, *Picea* y *Acer* (Weinstein et al., 2020). Para las situaciones analizadas el modelo alcanzó a detectar el 65% de los árboles con un nivel de confianza medio de 0,75 (probabilidad media de que una detección sea un árbol). Sin embargo, solo uno de los bosques considerados presentó una alta densidad, con copas entrelazadas.

Pese a que el modelo *DeepForest* no fue desarrollado para trabajar con bosques implantados, es esperable que su red neuronal sea capaz de detectar árboles con características similares a las condiciones del entrenamiento. El siguiente trabajo propone la evaluación de las capacidades de este modelo para la detección de árboles de *Pinus taeda* y *Araucaria angustifolia* en bosques implantados de la provincia de Misiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de los datos: En este estudio se analizaron dos rodales de *Pinus taeda* y dos rodales de *Araucaria angustifolia* ubicados en el municipio de Pozo Azul, en la provincia de Misiones. Estos rodales fueron relevados por medio de un vuelo fotogramétrico realizado empleando un dron DJI Phantom®. Las imágenes fueron procesadas para formar un mosaico con una resolución espacial de 0,225 m/px. Se realizó una corrección visual de las mismas, a partir del histograma, para incrementar el contraste, aplicando un recorte del 5 y del 1% para los valores inferiores y superiores respectivamente. El Cuadro 1 presenta un detalle con las características de los rodales analizados.

Cuadro 1. Características de los rodales evaluados

Característica	Rodal A	Rodal B	Rodal C	Rodal D
Especie	<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus taeda</i>	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Araucaria angustifolia</i>
Superficie (ha)	12,38	10,31	13,31	3,67
Densidad (árboles/ha)	430	502	195	207
Árboles totales	5176	5117	2329	759
Cuadrículas completas	29	26	29	7

Sobre la imagen de cada rodal se estableció una cuadrícula de 50 × 50 m (0,25 ha), dentro de la cual se realizó el conteo manual de todos los árboles identificables de forma visual. La posición de los árboles identificados fue confirmada mediante una revisión realizada por otra persona. De esta forma se obtuvo una estimación precisa de la densidad real del rodal. Para las comparaciones presentadas en este trabajo solo se utilizaron los cuadros centrales, desestimando los ubicados en los bordes del rodal. En el Cuadro 2 (A) puede observarse la extensión del área analizada en cada rodal.

Modelo a evaluar: *DeepForest V0.3* (Weinstein et al., 2019, Weinstein et al., 2020) es un modelo de *Deep Learning* diseñado para la detección de árboles en imágenes aéreas. Ha sido entrenado con información proveniente de bosques naturales de Estados Unidos. Se encuentra integrado en una librería para Python, disponible como *software* libre en un repositorio de GitHub (<https://github.com/weecology/DeepForest/>). Este modelo puede utilizarse directamente o también puede ser re-entrenado con información recabada en una región o bosque determinado: imágenes aéreas y posiciones de los árboles. En este estudio se evaluó el rendimiento del modelo original, sin realizar un entrenamiento con datos locales.



El modelo original se encuentra calibrado para utilizarse con imágenes cortadas en cuadros de 400px de lado (tamaño del parche), y con una resolución de 0,1 m/px. Su aplicación a imágenes de diferente resolución o a árboles con tamaños de copa diferentes requiere que se realicen ajustes en el tamaño del parche. El modelo *DeepForest* también posee un parámetro denominado *IoU threshold* (Umbral de Intersección respecto de Unión). Este parámetro determina hasta qué punto dos árboles detectados por el modelo pueden encontrarse solapados. De esta forma es posible ajustar la respuesta del modelo para rodales donde los árboles se encuentran totalmente separados (Situación predefinida en el modelo con $IoU = 0,05$) o rodales donde las copas se encuentran parcialmente entrelazadas, que requieren valores más altos del umbral. El modelo *DeepForest* predice la ubicación de cada árbol indicando las coordenadas de un polígono rectangular que representa el área de la copa detectada, y asignando a cada árbol un coeficiente de confianza.

Sensibilización de parámetros: Para evaluar el rendimiento del modelo se probaron 6 tamaños de parche diferentes, dividiendo las imágenes de los rodales en recuadros de 250, 300, 350, 400, 450 y 500px de lado. Para cada tamaño de parche también se evaluaron dos posibles valores IoU : 0,05 y 0,25.

Análisis estadístico: Los polígonos asociados a la ubicación de cada árbol predicho por el modelo fueron procesados en R, calculando los centroides que representan la posición estimada de los árboles. Dentro de la cuadrícula de 50×50 m en la que se dividió cada rodal, se contabilizaron los árboles detectados por el modelo. Este valor se comparó con el número de árboles detectados visualmente, calculándose el nivel de detección como el cociente entre el número de árboles detectados y el número de árboles existente. En base a los resultados de las cuadrículas se calcularon los estimadores de las medidas de tendencia central y de dispersión para cada rodal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los rodales considerados el modelo *DeepForest* logró detectar la presencia de árboles, identificando sus copas con un polígono rectangular. En el caso de *Pinus taeda*, los mejores resultados se observaron al utilizar imágenes cortadas en un tamaño de 300×300 px y considerando un $IoU = 0,05$. El modelo reportó una densidad media de 450 árboles/ha para el Rodal A (sobreestimación del 6%) y 479 árboles/ha para el Rodal B (subestimación del 4,4%) (Figura 1). Las copas detectadas fueron delimitadas por rectángulos con una superficie media de $9,2 \pm 2,8$ m²/árbol. El nivel de confianza que el modelo reporta para los árboles varió entre 0,76 y 0,2, correspondiendo los menores valores a posibles falsos positivos. En cambio, cuando se consideró un $IoU = 0,25$, el modelo mostró una sobre-estimación del 12% en el Rodal A y una sub-estimación del 2% en el Rodal B. Esto se debe a que un mayor valor del parámetro IoU permite que los polígonos de detección se superpongan parcialmente, representando mejor a la situación de mayor densidad del Rodal B.

Para los bosques de *Araucaria angustifolia*, el mejor resultado se obtuvo al suponer que las copas se encuentran parcialmente superpuestas ($IoU = 0,25$), y utilizando un tamaño de parche de 500×500 px. En estas condiciones el modelo detectó 191 árboles/ha en el Rodal C (subestimó 1,7%) y 215 árboles/ha en el Rodal D (sobrestimó 4%) (Figura 1). Las copas fueron enmarcadas dentro de cajas con un área media de $26,4 \pm 9,1$ m²/árbol. Este nivel de detección resultó superior al 82% obtenido por Weinstein et al, (2019). El nivel de probabilidad reportado en las detecciones varió entre 0,72 y 0,2. Por otra parte, la combinación de un tamaño de parche de 450×450 px, empleando un $IoU = 0,05$, también alcanzó buenos resultados, consiguiendo detectar algunos árboles pequeños que no fueron identificables con un tamaño de parche mayor. Sin embargo, la aparición de falsos positivos en las en claros o en árboles del sotobosque hacen que esta combinación sobre-estime la densidad de los Rodales C y D en 3 y 6% respectivamente.



Cuadro 2. A: Ubicación de las cuadrículas analizadas. **B:** Detalle de los resultados, donde los recuadros anaranjados indican las predicciones del modelo y los puntos verdes marcan los árboles identificados manualmente.

Rodal	Rodal A <i>Pinus taeda</i>	Rodal B <i>Pinus taeda</i>	Rodal C <i>Araucaria angustifolia</i>	Rodal D <i>Araucaria angustifolia</i>
(A)				
(B)				
Tamaño Parche	300 × 300	300 × 300	500 × 500	500 × 500
Umbral IoU	0,05	0,25	0,25	0,25

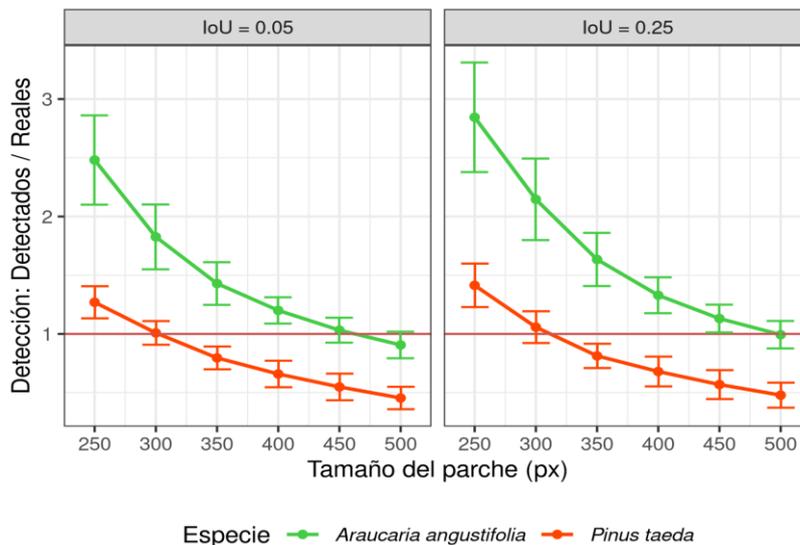


Figura 1. Nivel de detección alcanzado al aplicar *DeepForest* a rodales de *Pinus taeda* y *Araucaria angustifolia*, con diferentes tamaños de parche y umbrales de superposición de copas.

Además de los parámetros que permitieron obtener los mejores resultados, en la Figura 1 puede observarse el efecto de los distintos tamaños de parche evaluados más allá de los valores óptimos para las situaciones evaluadas. En el caso de *Pinus taeda*, al aumentar el tamaño de los parches suministrados al modelo, la relación entre la densidad estimada y la densidad real disminuyó hasta un



mínimo del 45%. Esto se debe a que al incrementarse el tamaño de la imagen, disminuyó el tamaño relativo de las copas, impidiendo que sean identificadas correctamente por el modelo. En cambio, en el caso de *Araucaria angustifolia*, al reducirse el tamaño de los parches se incrementó el tamaño relativo de las copas y el modelo identificó como árboles diferentes a algunas características de las copas: cambios de color o ramas. La situación extrema se dio para un tamaño de parche de 250 × 250 px y un IoU = 0,25, donde el modelo subdividió en tres arboles una misma copa.

Los resultados alcanzados al aplicar el modelo *DeepForest* al conteo de árboles en los rodales analizados resultaron satisfactorios, pudiéndose estimar con relativa exactitud el número de árboles existente y su posición. Sin embargo, aún en las combinaciones de parámetros más adecuadas para cada rodal, se observó visualmente la ocurrencia de falsos positivos y falsos negativos (Cuadro 2 B). El modelo muestra un buen rendimiento en las zonas más homogéneas del rodal. Sin embargo, su capacidad de detección disminuye en zonas donde el sotobosque es visible, y en áreas con cambios en la iluminación (Cuadro 2 B, Rodal C). El desarrollo de un criterio para el manejo de estos errores en las predicciones requerirá de nuevos estudios que validen los resultados del conteo automatizado con información confiable obtenida en inventarios forestales de alta intensidad.

Las imágenes utilizadas en este estudio poseen una resolución espacial inferior respecto a la de las imágenes con las cuales el modelo fue entrenado originalmente. Los resultados obtenidos sugieren que para su aplicación a imágenes de mayor resolución (alrededor de 0,1 m/px) será necesario incrementar el tamaño de los parches, evitando que se sobreestime el número de árboles debido a la detección de copas múltiples en un mismo árbol. Por otra parte, para la evaluación de rodales que poseen copas menos definidas, copas superpuestas o que presentan vías de saca, será necesario evaluar el rendimiento del modelo con imágenes de mayor resolución.

4. CONCLUSIONES

La identificación y conteo de árboles en bosques implantados de *Pinus taeda* y *Araucaria angustifolia* pudo realizarse mediante la aplicación de una red neuronal convolucional (*DeepForest*), pre-entrenada para Norteamérica. El modelo estimó correctamente la densidad del rodal, tomando como referencia al conteo visual realizado por un técnico. El rendimiento del modelo depende del tamaño de parche utilizado para procesar las imágenes y del valor del umbral que controla la superposición de predicciones. Será necesario realizar nuevos estudios que validen el rendimiento del modelo para rodales con diferentes edades y manejos, empleando imágenes de mayor calidad e información de inventarios forestales.

5. LITERATURA CITADA

- WAGNER, F.H.; SANCHEZ, A.; AIDAR, M.P.M.; ROCHELLE, A.L.C.; TARABALKA, Y.; FONSECA, M.G.; PHILLIPS, O.L.; GLOOR, E.; ARAGÃO, L.E.O.C. 2020. Mapping Atlantic rainforest degradation and regeneration history with indicator species using convolutional network. *PloS ONE*. v.15, p. 1-24. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229448>
- WEINSTEIN, B.G.; MARCONI, S.; BOHLMAN, S.; ZARE, A.; WHITE, E. 2019. Individual Tree-Crown Detection in RGB Imagery Using Semi-Supervised Deep Learning Neural Networks. *Remote Sens*. v.11, p.1-13. doi: <https://doi.org/10.3390/rs11111309>
- WEINSTEIN, B.G.; MARCONI, S.; BOHLMAN, S.; ZARE, A.; WHITE, E. 2020. Cross-site learning in deep learning RGB tree crown detection. *Ecological Informatics*, v. 56, p.1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101061>

1° Corte Horizontal



LÍNEAS
IM/PRO
LI/PRO
IG/FORCE

Tipo de corte:



Sierra Cinta Horizontal



LÍNEAS
IM/PRO
LI/PRO
IG/FORCE

Tipo de corte:



MILL
 INDUSTRIAS



LÍNEAS
IM/PRO
IG/FORCE

Tipo de corte:



Sierra Cinta Gemela



LÍNEAS
IM/PRO
IG/FORCE

Tipo de corte:



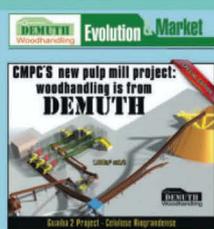
Sierra Cinta Bloque

MILL
 INDUSTRIAS

-CALDERAS
 GENERACIÓN Y COGENERACIÓN

-GRILLA FIJA
-GRILLA MÓVIL

-SECADEROS
 CONTINUOS
-SECADEROS
 DE CARGA FRONTAL



INGLAMIAUX
 REPRESENTACIONES - INGENIERIA Y PROYECTOS
www.inglamiaux.com.ar
 inglamioux@gmail.com / Tel.Cel. +543764641177 - Posadas-Misiones



Ventas mayoristas.
Entregas en todo el país.

 aserraderohambis.com.ar

Tecnología y dedicación



Secado al aire libre



Productos de alta calidad



Visite nuestro sitio web



***TABLAS Y TIRANTES DE
EUCALIPTUS**

***MACHIMBRES Y DECKS**

***MACHIMBRES CABAÑERO**

MÁS TODA LA MADERA ESTRUCTURAL Y
DE ESTÉTICA REQUERIDA POR EL
SISTEMA CIRSOC 601

RUTA 14 KM 222 – PEDERNAL ENTRE RIOS

CEL: 0345-156026245 / 154332838 - Correo: asehambis@hotmail.com





CoPAER

**COLEGIO DE PROFESIONALES
DE LA AGRONOMÍA DE ENTRE RÍOS**

**COMPROMISO CON LA
SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**



ELABORACIÓN DE UN DIAGRAMA DE MANEJO DE DENSIDAD DE PLANTACIONES DE *Pinus taeda* PARA PRODUCTORES FORESTALES

Raúl PEZZUTTI¹, Silvana CALDATO², Raúl SCHENONE³, Christian CHRAPEK⁴

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue elaborar un diagrama de manejo de densidad (DMD) para forestaciones de *Pinus taeda* en el noreste Argentino. Los datos utilizados fueron obtenidos de parcelas permanentes pertenecientes a ensayos de silvicultura y manejo forestal distribuidos en el noreste de la provincia de Corrientes. Con pares de valores de diámetro cuadrático medio (Dg) y número de árboles por hectárea (N) identificados para diferentes etapas de desarrollo del rodal fueron ajustadas por regresión lineal las líneas de máxima densidad, límite superior de manejo, límite inferior de manejo y cierre de copas. La función obtenida para la línea de máxima densidad fue: $\log N = 5.31 - 1.5784 \cdot \log Dg$, siendo el IDR máximo igual a 1.269 árboles por hectárea. Los valores de IDR porcentuales con relación al IDR máximo fueron de 53,4, 35,4 y 26,3% para el límite superior de manejo, límite inferior de manejo y cierre de copas respectivamente. Se ha obtenido un diagrama de manejo de densidad para *P. taeda*, esta herramienta puede ser utilizada para evaluar el grado de ocupación del sitio y planificar la oportunidad y la intensidad de los raleos.

Palabras clave: mortalidad, productividad, raleos

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de medidas de manejo forestal sin una fundamentación teórica sólida, y la falta de estimación de parámetros básicos que permitan su planificación atenta contra la optimización de la productividad (Cabrelli et al., 1993).

Según Dean y Baldwin (1993), los ensayos a campo son el mejor camino para determinar el adecuado momento del raleo, sin embargo, estos presentan grandes limitaciones, llevan muchos años y sus resultados no se pueden aplicar con precisión cuando la calidad del sitio y el objetivo del manejo difieren del estudio. Un abordaje más teórico para el manejo de la densidad que puede ser considerado es el basado en el diagrama de densidad.

Numerosos autores han desarrollado diferentes diagramas de manejo de densidad de rodales (DMD), que permiten planificar y describir cuantitativamente las interrelaciones entre producción, densidad y mortalidad en varias etapas del desarrollo del rodal. Con el uso de un DMD, el silvicultor puede predecir el rendimiento futuro para diversas condiciones de manejo de densidad y también determinar las intensidades de raleo para alcanzar los objetivos de producción (Krajicek et al., 1961; Gingrich, 1967; Drew y Flewelling, 1979; Chauchard y Fernández, 2004; Schneider, 2008).

Los diagramas de manejo de densidad se basan, en general, en la línea de máxima densidad a partir de la cual son trazadas las líneas del límite superior de manejo, límite inferior de manejo y línea de cierre de copas (Gingrich, 1967; Dean y Baldwin, 1993; Jack y Long, 1996; Harrington, 1997; Newton, 1997; Saunders y Puettmann, 2000; Long y Shaw, 2005; Schneider, 2008 y Selle et al., 2010). Estas delimitaciones son útiles para el productor, pues con la faja de manejo definida es posible planificar la oportunidad y la intensidad de los raleos y conocer el efecto que produce en la producción del rodal la decisión que se ha tomado.

¹Raúl Pezzutti. F. Bosques del Plata S.A., Prof. USAL. Contacto: rpezzutti@cmpe.com.ar / tel.: 0376-4683041.

²Silvana Caldato. Prof. Universidad del Salvador. Contacto: silvana.caldato@usal.edu.ar , tel.: 0376-4513856.

³Raúl Schenone. F. Bosques del Plata. S.A., Prof. USAL. Contacto: rschenone@cmpe.com.ar / tel.: 0376-4684934.

⁴Christian Chrapek. Prof. Universidad del Salvador. Contacto: christian.chrapek@usal.edu.ar: 0376- 4181716.



En Corrientes existe la necesidad de contar con información sobre la máxima densidad de árboles por hectárea que los sitios plantados con *P. taeda* pueden mantener y también, de poseer una herramienta que permita planificar los raleos en cuanto a su oportunidad e intensidad, en función del desarrollo de los rodales. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un diagrama de manejo de densidad para *P. taeda* en el NE de Corrientes, que permita evaluar el estado de ocupación del sitio y tomar decisiones sobre la oportunidad y la intensidad de los raleos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la región

El área de estudio se ubica en la zona norte de la provincia de Corrientes perteneciente a la región Mesopotámica Argentina. Las parcelas consideradas se encuentran localizadas en rodales de *P. taeda* entre las latitudes sur 27° 54' 7" y 28° 24' 35" y longitudes oeste 56° 9' 24" y 55° 59' 53". En diferentes condiciones topográficas de relieve (loma, media loma, tendido alto) y bajo condiciones de silvicultura de establecimiento operacional de la empresa Forestal Bosques del Plata S.A., detalladas por Rodríguez (2001) y Pezzutti (2014). Según la clasificación de Koppen la región de estudio posee un clima Cfw'a(h), mesotermal, cálido templado sin estación seca, con mayor precipitación en el otoño y veranos muy cálidos. Los suelos predominantes en la región de estudio son Kandihumultes típicos, Endoacueptes húmicos y Endoacudultes aéricos correspondientes a las series Díaz de Vivar, Boquerón y Sarasua respectivamente (Escobar et al., 1996).

Origen de los datos

Los datos utilizados provienen de parcelas permanentes de *P. taeda* pertenecientes a la empresa Forestal Bosques del Plata S.A. La superficie de las parcelas fue variable debido a que pertenecen a diferentes estudios de silvicultura y manejo forestal, con valores entre 210 m² y 700 m². La forma de las parcelas fue rectangular. Se realizaron mediciones de diámetro a la altura del pecho y altura total en los árboles de las parcelas establecidas en plantaciones con edades entre 3 y 18 años.

Para la determinación de la línea de máxima densidad de ocupación se utilizaron datos provenientes de 52 parcelas, medidas durante 12 años a partir de los 3 años de edad. Para el ajuste de la línea de densidad de inminente mortalidad, se seleccionaron pares de valores (N; Dg) correspondientes al año previo al inicio de la mortalidad en 70 parcelas elegidas para este fin. Los pares de datos correspondientes a la línea de densidad de inicio de máxima producción se obtuvieron de 37 parcelas. Para la línea correspondiente al cierre de copas se siguió la metodología propuesta por Krajicek et al. (1961) y utilizada por Selle et al. (2010).

Análisis de datos

Con los pares de datos (N; Dg) obtenidos para las cuatro condiciones descritas en la sección precedente, se ajustaron regresiones lineares de acuerdo al modelo propuesto por Reineke (1933). La línea de máxima densidad promedio fue estimada por regresión. Posteriormente, para encontrar la línea de máxima densidad fue modificado el valor de la ordenada al origen y mantenida la inclinación de la recta hasta que todos los desvíos analizados menos uno fueran negativos (Selle et al., 2010, Meyer et al., 2013).

Una vez obtenidos los coeficientes del modelo ($\log N = b_0 - b_1 \cdot \log Dg$) para todas las situaciones del rodal, fueron estimados los valores de número de árboles por hectárea para un Dg de 25 cm (IDR) y estimados los porcentajes de cada uno con relación al IDR máximo.

Los coeficientes de las regresiones correspondientes a las líneas de inminente mortalidad, inicio de máxima producción y cierre de copas del rodal, fueron reestimados manteniéndose la pendiente de la línea de máxima densidad en todos los casos y modificándose la ordenada al origen de manera tal que las líneas pasen por los puntos ($\log N$; $\log Dg$) obtenidos para un Dg de 25 cm. De esta manera se generaron las 4 líneas paralelas para la conformación del diagrama de manejo de densidad.

El diagrama de manejo de densidad se elaboró de acuerdo a la metodología presentada por Gingrich (1967) y descrita por Avery & Burkhart (2002).



Con la finalidad de demostrar la aplicación práctica del DMD obtenido para *P. taeda* en el NE de Corrientes, se realizó un ejemplo de planificación de raleos para una plantación de 1111 árboles.ha⁻¹ iniciales y sobrevivencia del 95%. Se consideró un índice de sitio 24,5 y un diámetro cuadrático medio final objetivo de 37 cm. El objetivo de producción planteado fue madera aserrable gruesa y laminable. Los crecimientos fueron proyectados con modelos de crecimiento en Dg presentados por Pezzutti (2011) para diferentes densidades en plantaciones del NE de Corrientes y el simulador PlaFor NEA, INTA (2013).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan de forma resumida considerando la disponibilidad de páginas.

Coefficientes del modelo de regresión e índice de densidad de rodal

Los coeficientes del modelo ($\log N = b_0 - b_1 \cdot \log Dg$) obtenidos para cada estado del rodal y las estadísticas correspondientes, son presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Coeficientes del modelo y estadísticas correspondientes para cada estado del rodal, IDR y porcentual con relación al IDR máximo para *Pinus taeda* en el nordeste de Corrientes.

Estado del rodal	b_0	b_1	R^2	S_{yx}	IDR	% IDR Max.
M.D.	5,3100	1,5784	--	--	1269	100,0
M.D.P.	5,2806	1,5784	0,81	0,03	1186	93,5
I.M.	4,9127	1,4889	0,98	0,03	678	53,4
I.M.P.	5,3716	1,9453	0,94	0,08	449	35,4
C. C.	5,1998	1,9144	0,98	0,09	334	26,3

Dónde: M.D.: máxima densidad, M.D.P.: Máxima densidad promedio, I.M.: Inminente mortalidad, I.M.P.: Inicio de máxima producción, C.C.: Cierre de copas. , b_0 : coeficiente lineal y b_1 : coeficiente angular; R^2 : coeficiente de determinación y S_{yx} : Error Estándar, IDR: índice de densidad del rodal, % IDR Max.: porcentual del IDR máximo.

Siguiendo la metodología descrita en el punto 2 fue generado el siguiente DMD (Gráfico 1).

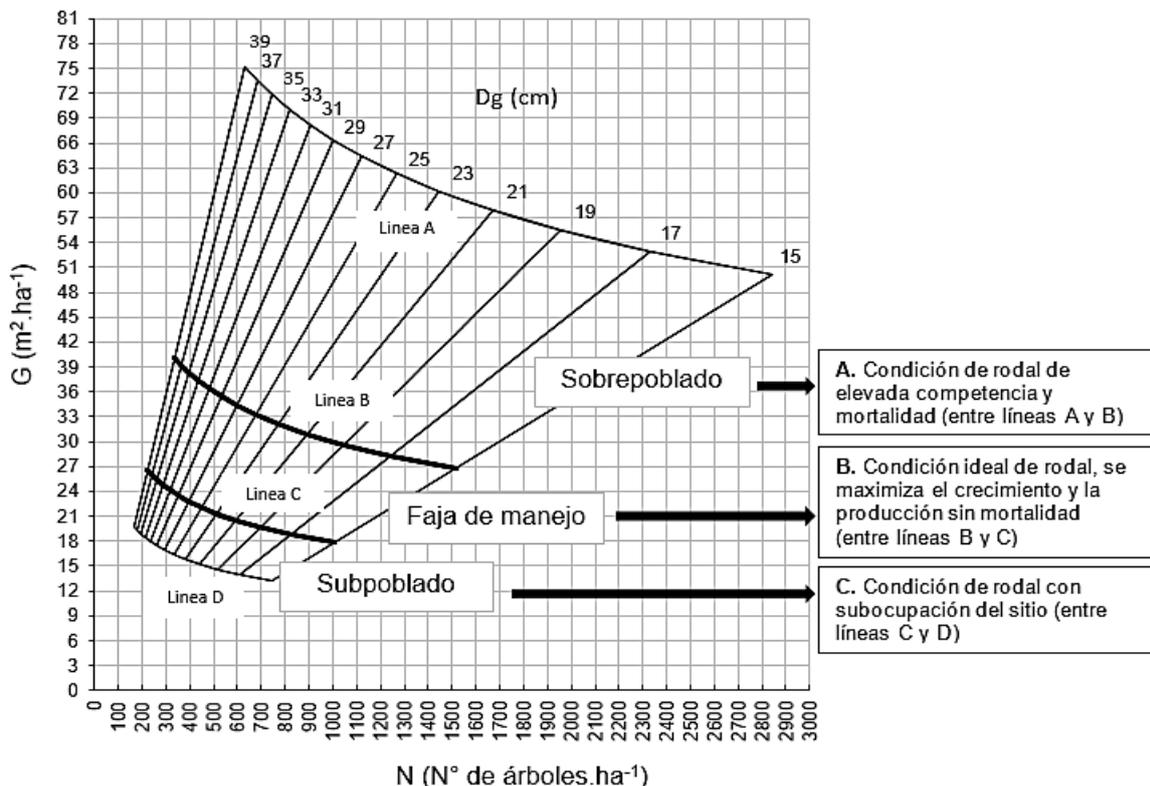


Gráfico 1. Diagrama de manejo de densidad para *Pinus taeda* en el nordeste de Corrientes, Argentina. (G : Área basal, Dg : diámetro cuadrático medio y N : número de árboles por ha).



Ejemplo de uso del DMD para planificar raleos en un rodal de *P. taeda*

La faja de manejo definida en el DMD se presenta en el Gráfico 2 donde se puede observar un ejemplo de manejo de la densidad (línea discontinua) la planificación de dos raleos selectivos por lo bajo durante la rotación.

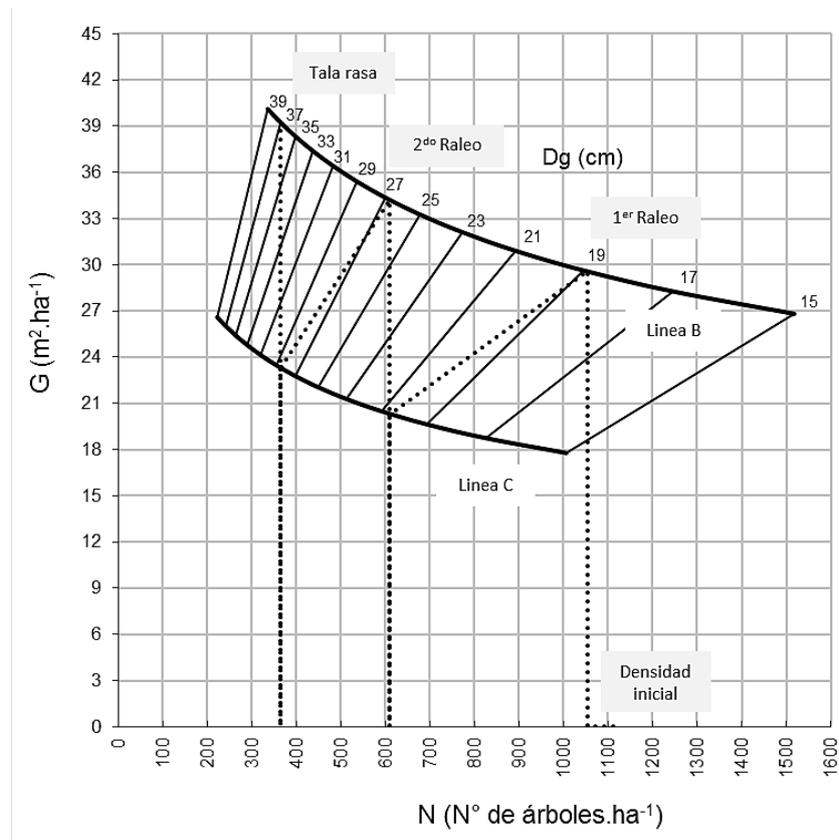


Gráfico 2. Zona de manejo con los límites superior e inferior y cambios de densidad durante los raleos hasta la tala rasa.

En el Gráfico 2 se puede observar que cuando el rodal alcanza los 18,9 cm en D_g (7-8 años) se define el primer raleo de 1055 a 610 árboles. ha^{-1} y de 29,6 a 20,3 $m^2.ha^{-1}$ de área basal (31,3%). Cuando el rodal alcanza los 26,7 cm en D_g (11-12 años) se plantea el segundo raleo de 610 a 365 árboles. ha^{-1} y de 34,2 a 23,3 $m^2.ha^{-1}$ de área basal (31,8%). La tala rasa se puntualiza al alcanzar el D_g objetivo (37 cm) y 39,2 $m^2.ha^{-1}$ de G (18-19 años). Los raleos selectivos por lo bajo elevan el valor del D_g debido a la extracción de individuos de menor porte, en este ejemplo se aplica un incremento de 1,8 cm (línea punteada oblicua) basado en antecedentes regionales. Con este ejemplo se ha presentado la aplicación práctica del uso del DMD para definir raleos en rodales de *P. taeda*.

4. CONCLUSIONES

El diagrama permite clasificar a los rodales de acuerdo al grado de ocupación del sitio en sobrepoblado, adecuadamente poblado y subpoblado. Los límites definidos para cada grado de ocupación se originaron a partir de datos de campo otorgándole robustez al diagrama logrado.

Teniendo en cuenta la estructura horizontal de rodales de *P. taeda* en determinada situación, el uso del DMD facilita la comprensión del estado de competencia existente en la población para la posterior toma de decisiones de manejo.

El DMD desarrollado es una herramienta útil para planificar densidades iniciales y raleos (oportunidad e intensidad) orientados a mantener a las plantaciones en un estado ideal de manejo, evitando mortalidad de individuos, poblaciones con individuos estresados y subocupación de los sitios.



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. 2002. *Forest measurements*. 5th ed. New York: MacGraw-Hill. 456 p.
- CABRELLI, D.; REBOTTARO, S.; REZZANO, C. 1993. Evaluación y análisis del manejo de la densidad en plantaciones de *Pinus taeda* Lin., por medio del índice de densidad del rodal. *Rev. Facultad de Agronomía*. 14(1):17-27.
- CHAUCHARD, L.M.; FERNÁNDEZ, O.M. 2004. Diagrama de manejo de la densidad de masas de *Pinus radiata* en el País Vasco. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 18: 161-166.
- DEAN, T.; BALDWIN, C. 1993. Using a Density-management Diagram to develop thinning schedules for Loblolly Pine plantations, USDA Forest Services, New Orleans. 7 p.
- ESCOBAR, E.H.; LIGIER, H.D.; MELGAR, R.; MATTEIO, H.; VALLEJOS, O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes. Gobierno de la provincia de Corrientes e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Corrientes, 429 p.
- DREW, J.T.; FLEWELLING, J.W. 1979. Stand density management: an alternative approach and its application to Douglas-fir plantations. *Forest Science*, 25(3):518-532.
- GINGRICH, S.F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the central states. *Forest Science*, 13(1): 38-53.
- HARMS, W.R.; WHITESELL, C.D.; DEBELL, D.S. 2000. Growth and development of loblolly pine in a spacing trial planted in Hawaii. *Forest Ecology and Management*, 126: 13-24.
- HARRINGTON, T.B. 1997. Silvicultural approaches for thinning southern pines: method, intensity, and timing. Georgia, USA: University of Georgia. Publ. n. FSP001. 17 p.
- JACK, S.B.; LONG, J.N. 1996. Linkages between silviculture and ecology: an analysis of density management diagrams. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, 86: 205-220.
- INTA. 2013. PlaForNEA. Plataforma de Gestión Forestal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://www.plafornea.com.ar/index.php>
- KRAJICEK, J.E; BRINKMAN, K.A.; GINGRICH, S.F. 1961. Crown competition factor – A measure of density. *Forest Science*. 7(1): 35-42.
- LONG, J.; SHAW, J.D. 2005. A density management diagram for even-aged Ponderosa pine stands. *Western journal of applied forestry*. Washington State University, 20(4): 205-215.
- MEYER, E.A.; FLEIG, F.D.; PEREIRA, L.D.; VUADEN, E. 2013. Ajuste do modelo de Reineke para estimativa da linha de máxima densidade na Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, Viçosa, 37(4): 669-678.
- NEWTON, P.F. 1997. Stand density management diagrams: Review of their development and utility in stand-level management planning. *Forest ecology and management*, Amsterdam, 98: 251-265.
- PEZZUTTI, R.V. 2011. Efeitos biológicos e econômicos de tratamentos silviculturais em plantios de *Pinus taeda* L. no nordeste Argentino. Tesis Doctoral en Ingeniería Forestal de la Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil: 179 p.
- PEZZUTTI, R. 2014. Silvicultura sitio específica, una herramienta para ajustar el manejo a la capacidad productiva del sitio. In: *Actas de las XXVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos*. INTA AIANER, Concordia: 11 p.
- REINEKE, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, New York, (46): 627-638.
- RODRIGUEZ, F. 2001. El paquete tecnológico aplicado por Forestal Bosques del Plata S.A. In: *Actas de las XVI Jornadas Forestales de Entre Ríos*. INTA AIANER, Concordia: 28 p.
- SAUNDERS, M.R.; PUETTMANN, K.J. 2000. A preliminary White Spruce density management diagram for the lake states. Minnesota: University of Minnesota. Dept. of For. Res, 145:13 p.
- SCHNEIDER, P.S.P. 2008. Autodesbaste e diagrama de manejo da densidade em povoamentos de *Pinus taeda* L. Tesis de maestría en Ingeniería Forestal de la Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil: 95 p.
- SELLE, G.L.; FLEIG, F.D.; SCHNEIDER, P.R.; ALBERNARD, L.A.J.; VUADEN, E.; BRAZ, E.M. et al. 2010. Dendrogramas de densidade para *Hovenia dulcis* Thunberg na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 20 (3): 477-492.



SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE COSECHA DE BIOMASA EN PLANTACIONES DE PINOS DEL NORTE DE MISIONES

Franco VERA¹, Andrés LESZCZUK², Eduardo HILDT³, Dionel KIMMICH⁴, Patricio MAC DONAGH⁵

RESUMEN

La producción de energía proveniente de biomasa forestal corresponde una fuente viable de energía renovable. El aprovechamiento de subproductos forestales para la producción de energía puede resultar un ingreso extra para los pequeños productores forestales del norte de Misiones. Este estudio analiza la productividad de la extracción de biomasa forestal, mediante modelos predictivos, en raleos y talas rasas de pequeños productores forestales. Se analizaron dos tratamientos de cosecha, con diferentes combinaciones de productos forestales y dos especies. Las productividades rondaron 22,6 a 102,9 toneladas de biomasa por hectárea. En tanto que las productividades de la extracción fueron de 1,6 a 10,5 t/h efectiva para distancias de extracción que variaron desde los 380 a 4400 metros.

Palabras clave: *abastecimiento, patio de acopio, cosecha mecanizada, SIG, clustering*

1. INTRODUCCIÓN

El consumo global de energía se incrementará en un 30% para el año 2040, impulsado principalmente por el aumento de la población mundial. La producción de energía con fuentes renovables es la clave para abastecer dicha demanda respetando las necesarias limitaciones a la emisión de carbono. La energía proveniente de la biomasa forestal, es una fuente viable de energía renovable, debido a que reduce las emisiones de dióxido de carbono de dos maneras: sustituyendo el consumo de combustibles fósiles y captando carbono en la vegetación y el suelo (Eliasson et al., 2017).

El fuste de los árboles representa el 60% de la biomasa aérea, y generalmente, se destina a productos laminables, aserrables o pulpables. Las ramas y hojas representan un 20% de la biomasa total, y generalmente no son aprovechadas, siendo una fuente importante de biomasa destinada a la producción de energía. El 20% del volumen restante corresponde al tocón y las raíces, una fuente potencial de biomasa industrial, que requiere un sistema de aprovechamiento específico (Karkalainen et al., 2004; Ghaffariyan, 2010). Además, los despuntes de cosecha, los árboles muertos o aquellos que no satisfacen las condiciones de mercado, y los productos secundarios del aserrío, como el aserrín o la corteza, son fuentes de biomasa potencialmente aprovechables para la generación de energía (Acuña et al., 2011; Mac Donald, 2009; Ghaffariyan et al., 2017).

El valor unitario de la biomasa suele ser menor que el valor de los productos aserrables o triturables, requiriendo además una adecuada planificación en el proceso de cosecha y almacenamiento para asegurar la viabilidad económica de su aprovechamiento. Berg y Athanassiadis (2020), explican que la posibilidad de la comercialización de estos productos requiere que las industrias estén ubicadas a menos de 50 km. Además, la extracción debe realizarse en conjunto con el aprovechamiento de las trozas aserrables y el material pulvable (Vainio et al., 2009; Padari et al., 2009).

El aprovechamiento de la biomasa forestal consiste en las tareas de cosecha, extracción, acopio a borde de camino, picado/trituración, carga y transporte (Ackerman et al., 2014). Aunque la productividad de la cosecha mecanizada en raleos y talas rasas del noreste argentino ya ha sido estudiada, aún, no se cuenta con antecedentes locales respecto a la elaboración de biomasa forestal con fines energéticos.

¹ Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Contacto: fraanverahh@gmail.com

² CONICET. Contacto: leszczukandresalejandro@gmail.com

³ CONICET- Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Contacto: eduardohildt@gmail.com

⁴ Albura SA. Contacto: dionelkimmich@gmail.com

⁵ Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Contacto: patricio.macdonagh@gmail.com



Este trabajo analiza la productividad de la extracción de biomasa proveniente de forestaciones de pequeños productores forestales en el norte de Misiones, mediante la simulación del trozado y utilización de modelos predictivos de la productividad de la cosecha para diferentes manejos forestales y especies.

Se busca aportar información que permita evaluar la factibilidad de producción de biomasa como una alternativa de producción forestal, para los pequeños productores forestales (pequeños asentamientos forestales con superficies cultivadas menores a 100 ha) del norte de la provincia de Misiones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron seleccionados 43 rodales de *Pinus taeda* L. (pino taeda) y *Pinus elliottii* var *elliottii* × *Pinus caribaea* var *hondurensis* (pino híbrido) ubicados entre los departamentos de Montecarlo e Iguazú, al norte de la provincia de Misiones. Los rodales pertenecen a productores agroforestales asociados a la Cooperativa Agrícola Mixta de Montecarlo. En cada rodal se realizaron inventarios forestales para determinar el diámetro y la altura de los árboles. Dependiendo de la edad e historia de manejo de cada rodal se simuló un tipo de intervención adecuado:

- Rodales con edades entre 4 y 6 años fueron asignados a primeros raleos, con la extracción sistemática del 20% de los árboles, hasta alcanzar el 50% de manera selectiva, priorizando los más finos o que presentan una forma defectuosa.
- Rodales con edades entre 7 y 10 años fueron asignados a segundos raleos, con la extracción selectiva del 50% de los árboles existentes.
- Rodales con edades entre 11 y 12 años fueron asignados a terceros raleos, con la extracción selectiva del 50% de los árboles.
- Rodales con edades > 14 años fueron asignadas a tala rasa.

Para cada árbol cosechado en las intervenciones, se calculó el resultado del trozado con *harvester* por medio del simulador de trozado ST-19 (Hildt et al., 2019), utilizando dos configuraciones de productos posibles:

- T1 = Rollos aserrables (largo = 3,75 m, diámetro punta fina mayor a 18 cm) + Rollos triturables (largo variable, diámetro de punta fina mayor a 5 cm) + Biomasa (despunte y ramas).
- T2 = Rollos aserrables (largo = 3,75 m, diámetro punta fina mayor a 18 cm) + Biomasa (despunte y ramas).

La simulación del trozado permitió calcular la productividad potencial de cada rodal, para los productos establecidos por la instrucción de trozado aplicada (T1 o T2). El volumen de la biomasa contenida en los ápices, ramas y hojas disponibles luego de la intervención se determinó mediante los modelos de Boca et al. (2017) para pino híbrido y de Fassola et al. (2010) para pino taeda. En base a esta información se calculó el volumen de biomasa por hectárea para cada rodal e intervención.

La extracción de biomasa a borde de camino con *forwarders* se simuló mediante los modelos descriptos por Nurmi (2007):

$$PEF = a + b_1(x) - b_2 \log(z)$$

Donde PEF = productividad de la máquina por hora efectiva (t/h efectiva); x = capacidad de carga de biomasa del *forwarder* en toneladas; z = distancia de extracción en metros. a, b₁ y b₂ = coeficientes del modelo.

Para considerar la distribución geográfica de las plantaciones, se realizó un análisis espacial mediante agrupamiento por medio de *clusters*, con el objetivo de establecer puntos de acumulación de biomasa que reduzcan el costo de la extracción. A partir del volumen de biomasa por hectárea, y de la superficie de cada rodal, se determinó el volumen total a cosechar. Se consideró que 30 t sería el volumen de biomasa mínimo para justificar su aprovechamiento en un rodal, completándose una carga de un camión con acoplado para ser transportada hasta el punto de consumo.



Por medio del análisis de clúster utilizando el software QGIS, se generaron terminales de almacenamiento de biomasa. Estas terminales son sitios específicos donde la biomasa es acumulada, procesada y almacenada para su consumo. El sistema de información geográfica permitió determinar la ubicación espacial de dichas terminales, agrupando rodales en función a la mínima distancia espacial, y a la maximización del volumen a cosechar.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Gráfico 1A se observa el volumen de biomasa obtenido por hectárea para las intervenciones de raleo y tala rasa en cada uno de los tratamientos planteados (T1 y T2). Los puntos representan los resultados individuales de cada rodal intervenido. Si bien, la tendencia es al aumento del volumen de biomasa desde los primeros raleos hacia la cosecha final, en el segundo raleo se ve un aumento importante, debido a que en esta intervención se produce un mejor aprovechamiento del volumen aserrable contenido en el fuste mediante el producto con 3,75 m de largo y diámetro punta fina > 18cm. Los volúmenes a cosechar van desde las 22,6 t por hectárea en primeros raleos, hasta 102,9 t en tala rasa. En todas las situaciones el T2 presenta mayor volumen que T1. Esto es debido a que gran porcentaje del volumen que se destina a triturado en T1 pasa a ser biomasa en T2.

De igual manera en el Gráfico 1B se puede observar el volumen de biomasa en las situaciones de cosecha para las dos especies analizadas. Salvo en primer raleo donde no se contó con rodales de *P. taeda*, en todas las intervenciones siempre fue mayor la producción de biomasa para esta especie. Esto puede deberse a que *P. taeda* posee mayor número de ramas y una copa más densa, que a su vez presenta siempre menor volumen aserrable aprovechable debido a la forma tortuosa del fuste, aumentando el volumen de madera destinado a biomasa.

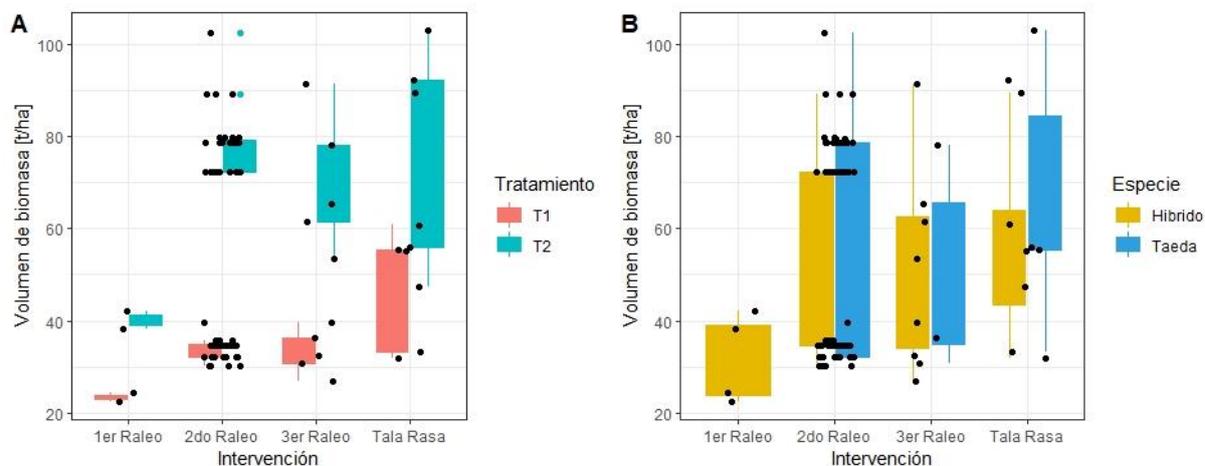


Gráfico 1. A Volumen de biomasa producida para los tratamientos T1 y T2 en toneladas por hectárea, en distintas situaciones de raleo y tala rasa. (valores para T1 que van desde los $23,5 \pm 1,3$ para primer raleo, $33,6 \pm 2,1$ para segundos raleos, $33,1 \pm 4,9$ para terceros raleos y $47,3 \pm 13,6$ en talas rasas. Y para T2: $40,1 \pm 2,9$, $77,7 \pm 7$, $70 \pm 14,8$, $77,5 \pm 24,4$, para primer, segundo y tercer raleo y tala rasa respectivamente).

Gráfico 1. B Volumen de biomasa producida para las especies pino híbrido y *P. taeda* por situación de cosecha en toneladas por hectárea. Para ambos gráficos los puntos representan los rodales intervenidos (Híbrido: valores que van desde $23,5 \pm 1,3$ a $43,8 \pm 16,6$ entre primer raleo y tala rasa. *P. taeda*: $32,8 \pm 2,4$ a $49,7 \pm 14,6$ entre primeros raleos y talas rasas en valores promedio de toneladas por hectárea).

El transporte de biomasa en largas distancias es inevitable debido a que su producción se encuentra dispersa en grandes superficies. Este problema limita el desarrollo de biorrefinerías en todo el mundo (Berg y Athanassiadis, 2020). Gracias al análisis geoespacial utilizando herramientas de agrupamiento por *clusters* se determinaron las locaciones de las terminales. En la Figura 1 se observa el punto hasta donde los *forwarders* transportarán la biomasa al momento de realizar la cosecha de dichos rodales, y donde luego se realizará la trituración y carga. Esta ubicación hace que las distancias sean las mínimas posibles y que el volumen de biomasa acumulada se maximice.

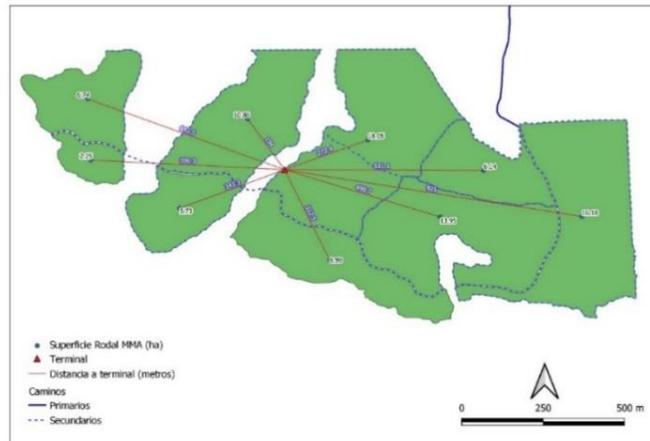


Figura 1. Ubicación de terminales de almacenamiento de biomasa (ejemplo de lotes para cosechar en segundo raleo)

A través de la simulación de la extracción mediante los modelos propuestos por Nurmi (2007), se analizó la productividad de la extracción para los tratamientos T1 y T2 en cada uno de los *clusters*. Se tomaron las distancias desde el centro del lote hasta la terminal correspondiente como distancia de acarreo de biomasa. Las distancias variaron desde los 385 metros para el clúster número 1 a 4427 m para el número 3 con una media de 1552 m. En tanto que, los volúmenes de biomasa a cosechar por clúster, variaron desde 3158 t para el clúster 4 a 6993 t para el clúster 2, con una media de 4554 t.

El modelo desarrollado por Nurmi (2007) describe la productividad en función a la distancia de acarreo. El Gráfico 2A muestra la relación de la productividad de la extracción con la distancia de acarreo de biomasa graficado mediante la línea azul. Puede observarse que las productividades van desde los 1.6 t/h a 10.5 t/h para el rango de distancias desde los 380 a 4400 metros respectivamente. Los puntos representan las distancias medias de recorrido entre los rodales y las terminales seleccionadas para cada clúster.

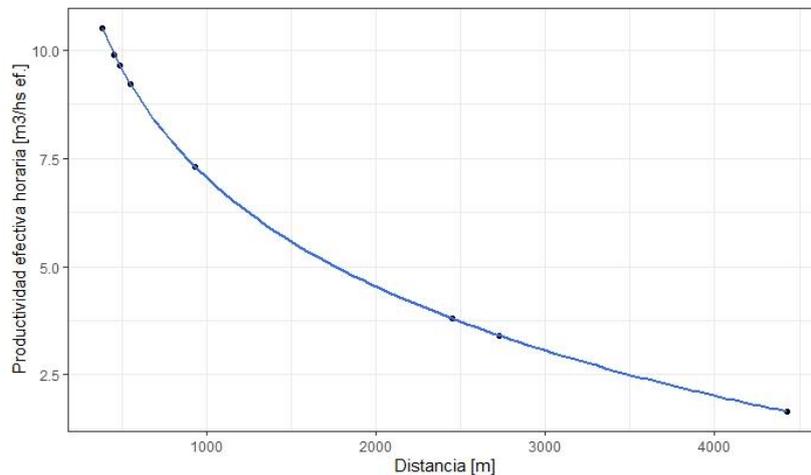


Gráfico 2. Productividad de extracción con *forwarder* en función a la distancia de extracción. Debido que las distancias son independientes de los tratamientos analizados, no se muestran diferencias productivas por tratamiento seleccionado.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio representan una primera aproximación al análisis del problema del aprovechamiento de la biomasa forestal en raleos y talas rasas de pequeños rodales en la provincia de Misiones. Los resultados demuestran que los volúmenes de biomasa pueden ser estimados a partir de inventarios forestales, por medio de la simulación del proceso de trozado y de la utilización de modelos predictivos del volumen de ramas y hojas para árboles individuales. El volumen de biomasa forestal disponible en la cosecha se incrementa en la medida en que aumenta el volumen total elaborado en la



operación, siendo mayor en las talas rasas. Las intervenciones en forestaciones de *Pinus taeda* permiten aprovechar un mayor volumen de ramas y hojas. Además, la no elaboración de trozas triturables incrementa el volumen total de biomasa disponible para la trituración.

El establecimiento de patios de acumulación de biomasa que sirven a varios rodales, permite concentrar un gran volumen de biomasa en un espacio reducido, facilitando el proceso de trituración, carga y transporte. El transporte de la biomasa desde los rodales hasta el punto de acumulación puede ser realizado por los *forwarders* que trabajan en la tala rasa y los raleos. La productividad de esta máquina extrayendo biomasa se verá afectada en mayor medida por la distancia recorrida entre los rodales y el patio de acopio.

Futuros análisis de la rentabilidad del aprovechamiento de biomasa en operaciones de tala rasa y raleos dependerán de que se realicen nuevos estudios para comprender la forma en que se comportan los equipos de transporte y trituración utilizados en la región.

5. LITERATURA CITADA

- ACKERMAN, P.; TALBOT, B.; DAHLIN, B. 2014. Biomass Harvesting and Logistics. *Bioenergy from Wood*. pp.109-135.
- ACUÑA, E.; DRAKE, F.; GARCÍAS, M. 2011. Una aplicación de apoyo a la toma de decisiones para el costeo de maquinarias de cosecha forestal. *Revista Árvore*, 35(1): 165-172.
- BERG, S.; ATHANASSIADIS, D. 2020. Opportunity cost of several methods for determining forest biomass terminal locations in Northern Sweden. *International Journal of Forest Engineering*, 31:1, 37-50.
- BOCA, T.; FASSOLA, H.; CRECHI, E.; BARTH, S.; KELLER, A.; WINCK, R.; FERRERE, P. 2017. Modelos aditivos de predicción de biomasa aérea de *Pinus elliotii* var. *elliottii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de Misiones Argentina. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, vol. 25, núm. 1-2.
- ELIASSON, L.; ERIKSSON, A.; MOHTASHAMI, S. 2017. Analysis of factors affecting productivity and costs for a high-performance chip supply system. *Appl Energy*, 185:497-505.
- FASSOLA, H.; CRECHI, E.; BARTH, S.; KELLER, A.; WINCK, R.; MARTIARENA, R.; VON WALLIS, A.; PINAZO, M.; KNEBEL, O. 2010, Junio. Modelos regionales de biomasa aérea de *Pinus taeda* para Misiones y noreste de Corrientes. Ponencia presentada en las Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones, Argentina.
- GHAFFARIYAN, M.R.; BROWN, M.; ACUNA, M.; SESSIONS, J.; GALLAGHER, T.; KÜHMAIER, M.; SPINELLI, R.; VISSER, R.; DEVLIN, G.; ELIASSON, L.; LAITILA, J.; LAINA, R.; WIDE, M.I.; EGNELL, G. 2017. An international review of the most productive and cost-effective forest biomass recovery technologies and supply chains. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 74, 145-158.
- GHAFFARIYAN, M.R. 2010. Review of European biomass harvesting technologies. *Silva Balcanica*, 11(1):5-20.
- HILDT, E.; BROZ, D.; MAC DONAGH, P.; LESZCZUK, A.; CINAUSKI, R.; REIS, H. 2019, Octubre. Simulación del trozado mecanizado en raleos. Ponencia presentada en la Jornada Técnica Forestal y Ambiental, Eldorado, Misiones, Argentina.
- KARKALAINEN T.; ASIKAINEN, A.; ILASKY, J.; ZAMBONI, R.; HOTARI, KE.; ROESER, D. 2004. Estimation of energy wood potential in Europe. Working papers of Finnish Forest Research Institute. 6/2004. p. 43.
- KIMMICH, D. 2010. Recuperación de valor con harvester aplicando tecnología de optimización de trozado. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Misiones. Eldorado, Misiones, Argentina. 53 pp.
- MAC DONALD, A. 2009. Assessment of Economically Accessible Biomass. FPinnovations Technical Report. p. 18.
- NURMI, J. (2007). Recovery of logging residues for energy from spruce (*Picea abies*) dominated stands. *Biomass & Bioenergy*. 31. 375-380.
- PADARI, A., MUISTIE, P., MITT, R., PARN, L. 2009. Estimation of Estonian Wood Fuel Resources. *Baltic Forestry* 15(1), 77-85.
- VAINIO, P., TOKOLA, T., PALANDER, T., KANGAS, A. 2009. A GIS-based stand management system for estimating local energy wood supplies. *Biomass & Bioenergy* 33(9), 1278-1288.



PERFORMANCE TÉRMICA DE CONSTRUCCIONES DE MADERA¹

Diego PASSARELLA²

RESUMEN

En este trabajo se analiza el comportamiento térmico de tres envolventes opacas, dos correspondientes a sistemas constructivos con madera y una tradicional con ladrillo. El estudio se basó en la simulación numérica de la transmisión de calor a lo largo del espesor de pared. El invierno más crudo esperable en la región norte de Uruguay fue empleado como temperatura exterior, mientras que se tomó una temperatura de 20 °C para el interior. Se obtuvo la evolución térmica para cada pared en un ciclo de 24 horas. A partir de los resultados obtenidos, se calcularon los factores de amortiguamiento, factor de retraso y consumo energético diario para mantener la condición de confort térmico interior. Los resultados obtenidos indican que la pared de CLT posee un factor de amortiguamiento y de retraso térmico similar a la construcción tradicional, mientras que el entramado ligero presentó una menor, aunque aceptable, performance. Si bien la construcción tradicional de alto rendimiento es la que menor energía en climatización requiere por m², el comportamiento de ambos sistemas de madera resulta - cuando se considera el espesor de pared, más conveniente que el tradicional. Este tipo de estudio es una herramienta que puede resultar útil al diseño térmico racional de sistemas constructivos.

Palabras clave: *confort térmico, flujo de calor, entramado de madera, CLT, construcción tradicional*

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de viviendas en madera aún se encuentra en un estado incipiente en Uruguay. En los últimos años se han logrado avances en cuanto a la clasificación de madera para uso estructural [1,2], el surgimiento de empresas basadas en la construcción en madera [3] y la concreción de los primeros proyectos con productos de ingeniería, tales como la madera contra-laminada (CLT, según sus siglas en inglés) [4].

En paralelo con la generación de códigos estructurales de construcción, otros desafíos a resolver para la construcción masiva con madera es conocer el comportamiento ante el fuego, agentes de ataque biótico y abiótico y el comportamiento térmico.

Este trabajo, analiza numéricamente el comportamiento de tres envolventes opacas (paredes sin aberturas) ante el ciclo térmico correspondiente al invierno más crudo esperable en la zona norte de Uruguay. Se comparan dos envolventes típicas de la construcción con madera (entramado liviano y macizas), contra una pared de construcción tradicional de alto rendimiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se consideran tres envolventes opacas: Construcción de madera contra-laminada (CLT), entramado liviano de madera con fachada ventilada (EM1) y construcción tradicional de ladrillo con cámara de aire (T1). Las dos últimas envolventes ya fueron estudiadas en [5], junto con otras ocho más, sometidas a diversas condiciones climáticas. Las envolventes de este trabajo se esquematizan en el Gráfico 1 y los detalles constructivos en los Cuadros 1 a 3.

Como propiedad térmica relevante, se consideró la difusividad térmica, la cual resulta del cociente entre la conductividad térmica y el producto entre la densidad y el calor específico del material. Esos valores

¹ Parte de los resultados de este trabajo fueron presentados en el 4to Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera, CLEM 2019, 18 al 20 de noviembre de 2019 en Montevideo, Uruguay. Disponible en: http://www.clem2019.uy/admin/files/clem2019/upload/files/F2-4620090-CLEM_2019-Passarella.pdf

² Procesos Industriales de la Madera, Sede Tacuarembó, CENUR Noreste, Universidad de la República, Uruguay. diego.passarella@cut.edu.uy



se encuentran en los respectivos cuadros de cada envolvente. La difusividad térmica (α) es el coeficiente relevante en la ecuación del calor transitoria, tal como se presenta en la ecuación 1. En este modelo, se considera un factor $\alpha(x)$ variable conforme se considere cada capa de la envolvente. Los ciclos térmicos, condiciones de contorno y factores calculados, son los mismos que los desarrollados en [5]. Cabe recordar que el factor de amortiguamiento se considera como el cociente entre el máximo flujo de calor entrante (saliente) del lado interior, dividido el correspondiente en el exterior y da una idea de cuánto amortigua la pared³. El tiempo de retraso en este caso se toma como el tiempo necesario para que el flujo de calor máximo (mínimo) aplicado en el exterior, se manifieste en el interior. Finalmente, la energía consumida es la integral del flujo de calor entrante (saliente) en 1 m² de pared durante un ciclo diario. Cabe recordar que el flujo de calor es la cantidad de energía térmica que atraviesa 1 m² por unidad de tiempo.

El modelo térmico presentado en la ecuación 1 fue resuelto en una rutina de diferencias finitas de programación propia. En todos los casos se consideró una temperatura interior constante de 20 °C.

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha(x) \frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \quad (1)$$

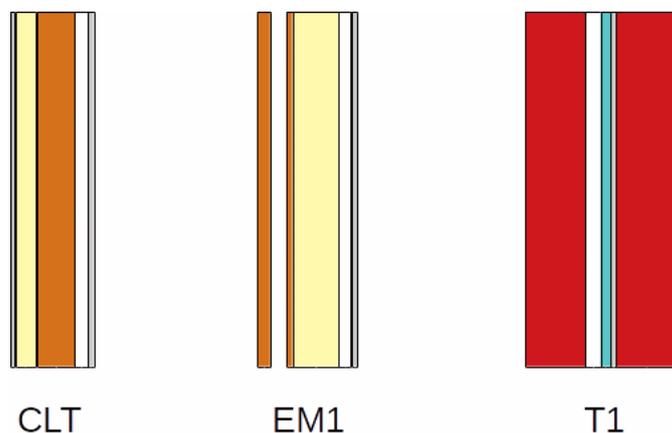


Gráfico 1. Esquema de envolventes estudiadas en este trabajo: CLT, estructura de paneles de madera contra-laminada. EM1, entramado liviano de madera con fachada ventilada. T1, pared tradicional de doble ladrillo, con cámara de aire y aislante térmico.

Cuadro 1. Detalle constructivo de la envolvente de CLT. Espesor total (e_t) = 16,0cm

Material	Espesor [cm]	Difusividad térmica [m/s ²]
Placa cementicia	0,8	3,75e-07
Lana de vidrio	4,0	6,25e-07
Madera	7,5	1,60e-07
Cámara de aire quieto	2,5	2,14e-05
Placa de yeso	1,2	1,56e-07

Cuadro 2. Detalle constructivo de la envolvente de entramado de madera liviano (EM1), e_t = 18,9 cm

Material	Espesor [cm]	Difusividad térmica [m/s ²]
Fachada de madera	2,5	1,60e-07
Cámara de fachada ventilada	2,5	--
Tablero contrachapado	1,2	1,13e-07
Lana de vidrio	9,0	6,25e-07
Cámara de aire quieto	2,5	2,14e-05
Placa de yeso	1,2	1,56e-07

³ El factor de amortiguamiento está definido como (flujo en el lado interior)/(flujo en el lado exterior) Se espera que cuanto mejor sea, mejor amortiguamiento posee la pared. Más detalles en [5].

**Cuadro 3.** Detalle constructivo de la envolvente tradicional de doble ladrillo (T1), et = 31,5 cm

Material	Espesor [cm]	Difusividad térmica [m/s ²]
Pared de ladrillo visto ⁴	12,0	$0,73 \cdot 5,20e-07 + 0,27 \cdot 3,75e-07$
Cámara de aire quieto	3,0	2,14e-05
Poliestireno expandido	2,0	7,62e-07
Revoque	1,0	3,75e-07
Pared de ladrillo	12,0	$0,73 \cdot 5,20e-07 + 0,27 \cdot 3,75e-07$
Revoque	1,5	3,75e-07

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de temperatura interior superficial para las tres envolventes se presentan en el Gráfico 2. Allí se observa que la pared que mantiene temperaturas superiores es la denominada tradicional (T1), mientras que la de entramado de madera (EM1) es la que mayores oscilaciones presenta. En todos los casos la temperatura interior se supuso constante e igual a 20 °C, por lo que el salto térmico observado entre la pared y el ambiente, es representativo del flujo de calor que está saliendo de la habitación. A menor temperatura de pared, mayor salto térmico al ambiente interior, mayor flujo de calor. Como referencia se presenta también la temperatura exterior del día más frío esperable.

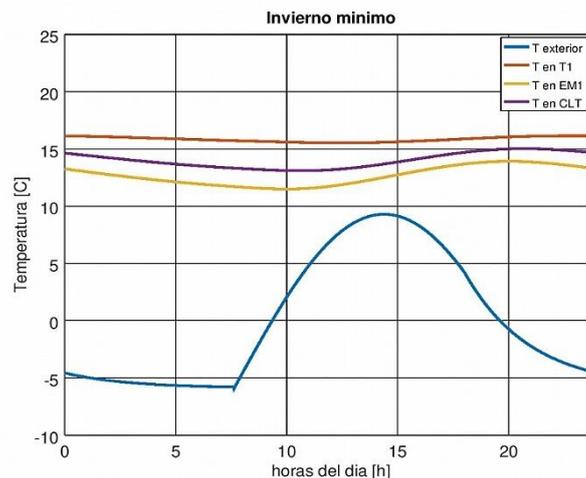


Gráfico 2. Perfiles de temperatura diarios para temperatura exterior (azul), interior de la pared en los casos de: construcción tradicional T1 (rojo), CLT (violeta), entramado de madera EM1 (amarillo). La temperatura de confort se encuentra fija en 20°C.

En el Gráfico 3 se presentan los valores de amortiguamiento obtenidos, en función del espesor de pared. Tanto la pared tradicional (et = 31,5 cm), como la de CLT (et = 16,0 cm), logran deseables valores de amortiguamiento, mientras que la de entramado liviano (et = 18,9 cm) no. Una combinación entre la baja masa de esa envolvente y el efecto de la fachada ventilada contribuyen a este resultado, aunque al ser un cociente, no debe interpretarse de forma aislada al resto de los parámetros.

En el Gráfico 4 se observa el valor de tiempo de retardo de cada pared. Es esperable que se logren valores en torno a las 12 horas, de forma que la envolvente actúe a contraciclo, calentando el ambiente en los momentos de temperaturas mínimas y viceversa. En la situación extrema estudiada, la temperatura exterior está siempre por debajo del mínimo de confort. Nuevamente, la baja masa de la envolvente hace que los tiempos de retardo sean menores.

Finalmente, en el Gráfico 5 se observan los valores de energía consumida total diaria para mantener la condición de confort a 20 °C en función del espesor de pared (línea azul). En valores absolutos, la envolvente tradicional es la que menor energía requiere, aunque posee casi el doble de espesor de las otras dos envolventes. Cuando este costo energético es normalizado en función del espesor (línea

⁴ Este tipo de pared se considera compuesta por un 73% de ladrillos y un 27% de cemento.



roja), se observa que todas las envolventes son comparables, indicando que se podrían lograr mejoras sustanciales del rendimiento de las envolventes de madera si se incrementara el espesor.

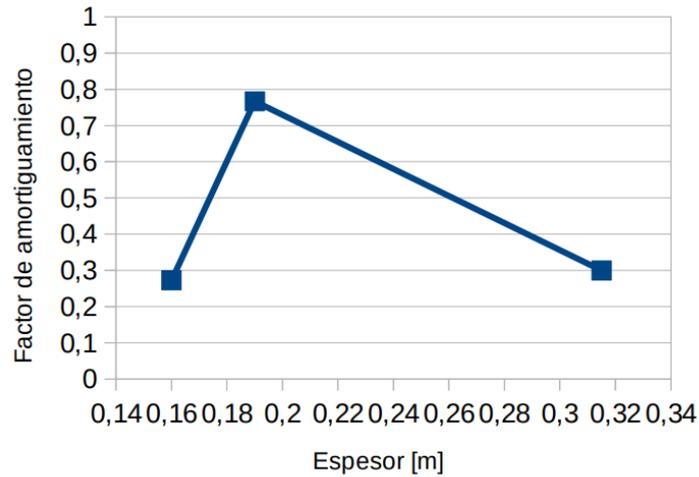


Gráfico 3. Valores de factor de amortiguamiento en función del espesor de pared.

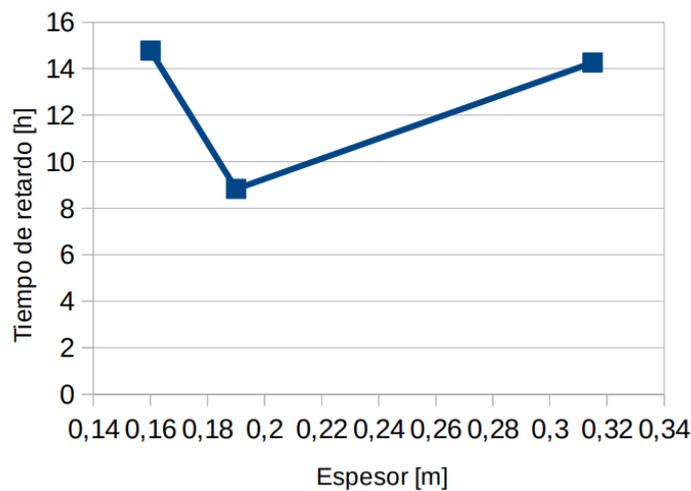


Gráfico 4. Tiempos de retardo en función del espesor de pared.

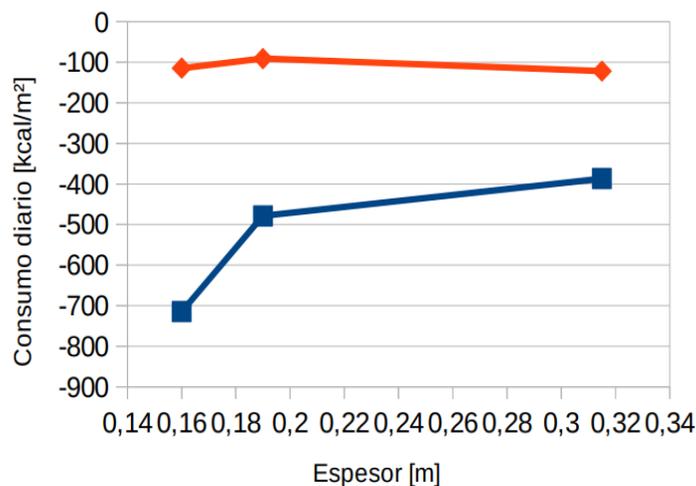


Gráfico 5. Consumo de energía durante un ciclo diario en función de espesor de pared. Valores totales (azul) y normalizados por espesor de pared (rojo). El signo negativo indica que es potencia invertida en calefaccionar el ambiente.



Los resultados obtenidos en estas simulaciones comparan el rendimiento -de acuerdo al modelo- de las envolventes estudiadas. Como envolvente tradicional, se consideró aquella de mejores prestaciones térmicas, que a su vez, involucra mayores espesores y más cantidad de material aislante. Las envolventes de construcciones de madera intentaron reproducir las incipientes construcciones que se han realizado en la región, por lo tanto, son susceptibles a mejoras, en particular a lo referente de espesor y ubicación de aislantes [6] y a diseño de fachada ventilada [7].

Estos modelos deben complementarse y ajustarse con medidas experimentales y son una primera aproximación al diseño racional de envolventes desde el punto de vista térmico.

4. CONCLUSIONES

El estudio analítico del comportamiento térmico de tres envolventes permitió comparar su rendimiento de acuerdo a tres parámetros. Se observó que la pared de CLT y la tradicional presentan los mejores valores de factor de amortiguamiento. Lo mismo ocurre para los tiempos de retardo, aunque el obtenido para la envolvente de entramado de madera también es aceptable. El consumo total de energía diario muestra una ventaja de la envolvente tradicional con respecto a las de madera, aunque gran parte de este resultado puede ser explicado por el espesor de cada una. Considerando el consumo energético por unidad de espesor, todas las envolventes son equivalentes, siendo la más conveniente, la de entramado de madera, seguida de la de CLT.

El análisis del comportamiento térmico de envolventes puede abordarse por medio de las técnicas aquí presentadas. Deben ser utilizadas como una primera herramienta para estimar la performance de las paredes ante cambios de diseño, tales como materiales y espesores; como así también para evaluar distintas opciones de diseño en una etapa previa a la verificación experimental.

5. LITERATURA CITADA

UNIT, "Norma UNIT 1261:2018 Madera aserrada de uso estructural - Clasificación visual - Madera de pino taeda y pino ellioti (*Pinus taeda* y *Pinus elliotii*)," Montevideo, 2018.

UNIT, "Norma UNIT 1262:2018 Madera aserrada de uso estructural - Clasificación visual - Madera de eucalipto (*Eucalyptus grandis*)," Montevideo, 2018.

<https://www.lacasauruguay.com/> (consultada el 31/08/2020)

<https://www.youtube.com/watch?v=jCsL0VRbzOI> Presentación de Juan Gutiérrez, desde el min 32:00 (consultada el 31/08/2020)

D. PASSARELLA "Estudio del comportamiento térmico de distintas envolventes opacas empleadas en Uruguay", 4to Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera, CLEM 2019, 18 al 20 de noviembre, Montevideo, Uruguay.

XING JIN, XIAOSONG ZHANG, YIRAN CAO Y GENG WANG (2012). Thermal performance evaluation of the wall using heat flux time lag and decrement factor. *Energy and Buildings* 47, pgs. 369-374.

SOTO FRANCÉS, V.M., SARABIA ESCRIVA, E.J., PINAZO OJER, J.M., BANNIER, E., CANTAVELLA SOLER, V. Y SILVA MORENO, G. (2013). Modeling of ventilated facades for energy building simulation software. *Energy and Buildings* 65, pgs. 419-428.

¡ANTICIPÉSE!



Únase a la ACE y minimice al máximo el riesgo de Incendios Forestales y Rurales

La ACE es una Agrupación de Colaboración Empresaria, que trabaja mancomunadamente para el logro de un objetivo común:

MINIMIZAR LA INCIDENCIA DE LOS INCENDIOS FORESTALES Y RURALES

¿Cómo funciona una ACE?

Organizando a los productores en grupos para que tengan un plan de prevención y control de incendios, y fundamentalmente, coordinando en conjunto los sistemas de detección temprana de columnas de humo mediante torres de observación.

Participan de la ACE Empresas y Productores Forestales y Rurales, conscientes de que el trabajo de prevención es más eficiente y económico, y que la colaboración entre pares con un objetivo común minimiza los riesgos a enfrentar.

En la actualidad existen cuatro ACEs trabajando: ACE Concordia, ACE Humaitá, ACE Berduc y ACE Colón Norte.



Para mayor información comuníquese al
(0345) 15 4032065
o al mail aceriouruguay@gmail.com





Comercio y Desarrollo PLANTACIONES FORESTALES

Estancia PALMAR, Ruta Nac. 14 Km 188, Berduc, E.R. Teléfono (3447) 15 432453
info@comercioydesarrollo.com.ar



FORESTAL YUQUERÍ S.A.

- Venta de plantines:
Eucalyptus grandis. (Semilla Huerto Sudafricano)
Eucalyptus dunnii.
Eucalyptus globulus maidenii
Pinus elliottii
Casuarinas

Ruta "M" km. 17 - Casilla de Correo 68 - (3200) Concordia - Entre Ríos
Teléfonos (0345) 4250012 (Cel.) 156-256850 - 156-253574 / Tel/Fax (0345) 4290435
e-mail: forestalyuqueri@arnet.com.ar

m.c
MADER.COL
A S E R R A D E R O

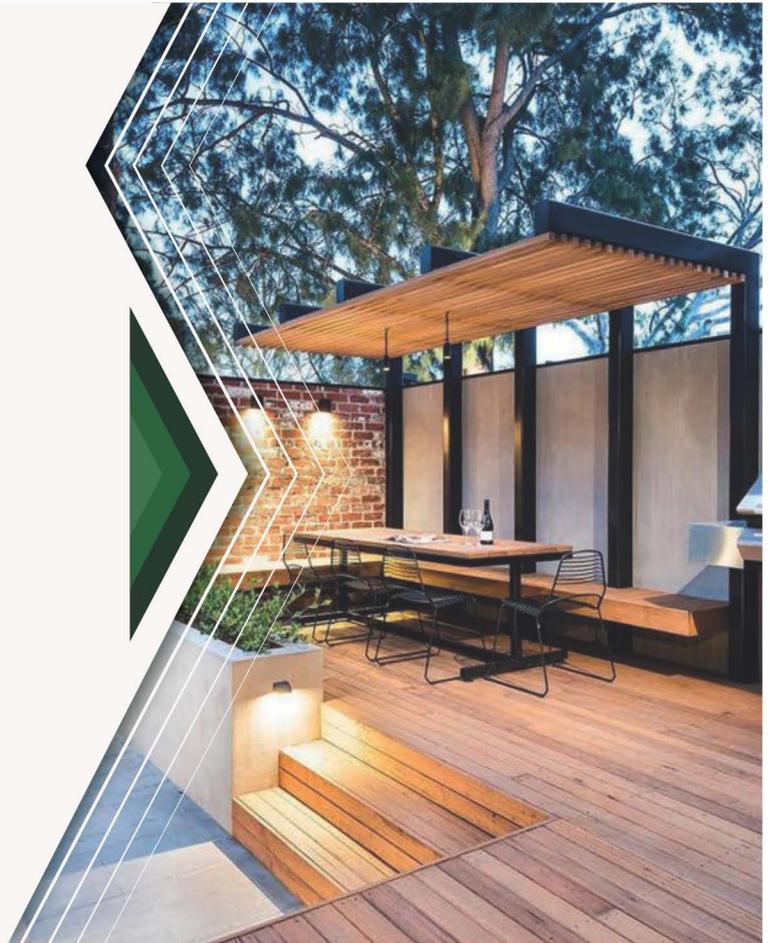
🌐 www.madercol.com.ar

✉ ventas@madercol.com.ar

📞 03456 154 37 971

📍 Federación, Entre Ríos

ENCOFRADOS · TIRANTES
ENTABLONADOS · DECKS
MADERA SECA · MACHIMBRE



A s e r r a d e r o
SAN SEBASTIÁN

Antonio Ferrando
Federación - Entre Ríos

Machimbres
Tirantes
Tablas Secas
y más

A s e r r a d e r o
SAN SEBASTIÁN S.R.L.



CONTACTO:
(54 03456) 482 751 / 15 494275

sansebastian@federacionnet.com.ar

www.sansebastiansrl.com.ar





CIDEA

CONSULTORA INTEGRAL DE EMPRESAS AGROPECUARIAS

- Proyectos de inversión forestal
- Administraciones
- Asesoramiento en compra de campos y forestaciones
- Fideicomisos forestales

Sarmiento 957 – Concordia – Entre Ríos
Tel (0345) 4212272 / www.cideagro.com.ar

Matafuegos
Ittermann

Comercial & Servicios

VENTA Y RECARGA DE MATAFUEGOS
VENTA DE ELEMENTOS LUCHA CONTRA INCENDIOS
VENTA ELEMENTOS SEGURIDAD INDUSTRIAL
Ropa de trabajo - Cascos - Botines - Guantes
Cartelería - Otros.

Tel: 4252239 - Cel: 154 927859 - 154 947693 - 11 de Noviembre 469

matafuegosittermann@ittermann.com.ar
administracionmatafuegos@ittermann.com.ar
www.matafuegosittermann.com.ar



EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE *Eucalyptus cloeziana* F.Muell, CULTIVADO EN EL ESTE DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Esteban MORALES¹², Ricardo MARINO³, Pablo TARONI⁴, Florencia REYES⁵

RESUMEN

Eucalyptus cloeziana es considerado un recurso potencial para diversos usos, como pisos, durmientes, postes, puntales, madera estructural, tanino. También como material básico para selección y mejoramiento genético. El conocimiento de las características mecánicas de este material es de suma importancia para su utilización. El objetivo de este trabajo fue estudiar algunas propiedades físicas y mecánicas para el uso estructural de la especie. Se emplearon técnicas convencionales y no destructivas. Actualmente en nuestro país, las técnicas no destructivas han alcanzado un incipiente desarrollo para algunas especies forestales. Se utilizaron técnicas de flexión, análisis de vibraciones y la velocidad de propagación de ultrasonidos. El material consistió en 100 vigas aserradas de *E. cloeziana* procedentes de Entre Ríos. Se presentan los resultados de la primera etapa, donde se determinaron la densidad, la frecuencia fundamental de vibración y la velocidad de ultrasonidos. En la segunda etapa se determinará del módulo de elasticidad y resistencia por medio del ensayo de flexión. Relacionando los valores de cada viga obtenidos por medio de los métodos no destructivos con el método convencional se establecerán las regresiones correspondientes, con las cuales se harán los ajustes necesarios para la puesta a punto de cada método.

Palabras clave: flexión, resistencia, vibraciones, ultrasonidos

1. INTRODUCCIÓN

Eucalyptus cloeziana es una especie considerada como un recurso potencial para diversos usos. Se clasifica su madera como pesada, semidura y poco estable [1], y se utiliza como madera estructural para la construcción, revestimientos, durmientes de ferrocarril, tablonés de puentes, muelles, postes y en minas, y es adecuada para pisos, carpintería, construcción de barcos, carrocerías de vehículos, manijas, escaleras, artículos deportivos, implementos agrícolas y tornería [2], [3], [4]. También se utiliza como leña, se puede convertir en carbón vegetal de buena calidad y obtener tanino [5]. En Argentina se lo usa como material básico para selección y mejoramiento genético. En Concordia, el INTA dispone de un rodal semillero con una producción de 38 kg de semillas [6], [7]. El conocimiento de las características mecánicas de este material es de suma importancia para su utilización en forma óptima y segura. El objetivo de este trabajo es analizar y estudiar algunas propiedades de interés para el uso estructural de la especie. Al efecto, se emplearán en estos estudios, ensayos de flexión, y ensayos no destructivos (END). Actualmente en nuestro país, las técnicas no destructivas tienen poco desarrollo para las especies forestales. Las técnicas de END a utilizar son el análisis de vibraciones y la velocidad de propagación de ultrasonidos, las cuales han sido empleadas con resultados satisfactorios en otras investigaciones [8], [9], [10], [11], [12]. La resolución de esta problemática permite contar con técnicas de evaluación de la calidad de la madera de *E. cloeziana*, en forma rápida y sobre el mismo material que será utilizado en las diferentes aplicaciones. Se presentan en este trabajo los resultados de la primera etapa del estudio.

¹ Instituto Nacional De Tecnología Industrial, Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria de la Madera y Afines, INTI Madera y Muebles. Hurlingham, Argentina. eam.consultor@gmail.com

² Grupo Maderas, Depto. Ingeniería Civil, UTN-FRGP, Gral. Pacheco, Buenos Aires, Argentina.

³ Ing. Civil Docente, Facultad Reg. Gral. Pacheco. Universidad Tecnológica Nacional. Tigre, Argentina.

⁴ Alumno, Facultad Regional Gral. Pacheco. Universidad Tecnológica Nacional. Tigre, Argentina.

⁵ Alumna Facultad Regional General Pacheco. Universidad Tecnológica Nacional. Tigre, Argentina.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio consistió en 100 vigas de *E. cloeziana*. Sus dimensiones nominales son de 126 x 7,5 x 7,5 cm. En esta primera etapa de estudio se realizaron determinaciones de la densidad, la frecuencia fundamental de vibración por impacto y la velocidad de propagación de onda ultrasonidos (US). En la segunda etapa se realizará la determinación del módulo de elasticidad y resistencia por medio del ensayo de flexión [13], [14]. Estos resultados se estudiarán estadísticamente según [16], empleando el software estadístico Statgraphics. Relacionando los valores de cada viga obtenidos por medio de los métodos no destructivos con el método convencional se establecerán las regresiones correspondientes [15], con las cuales se harán los ajustes necesarios para la puesta a punto de cada método.

Métodos aplicados en la primera etapa del estudio.

Determinación de la densidad

Por medio de la ecuación (1) se determinó la densidad de cada una de las piezas a ensayar, las cuales permanecieron durante un año en las condiciones de laboratorio, alcanzando un contenido de humedad a la humedad de equilibrio higroscópico de 12 %.

$$\delta = \frac{m}{v_o} (1)$$

Donde: • δ es la densidad de la viga o pieza ensayada

- m es la masa de la viga
- v_o es el volumen de la viga o pieza ensayada

El peso fue medido por medio de un dinamómetro electrónico y sus dimensiones totales con cinta métrica.

Determinación de los módulos de elasticidad

Primeramente se realizaron las determinaciones mediante los métodos no destructivos empleando las técnicas de US y vibraciones.

Método no destructivo por empleo de ultrasonidos

Este método citado por varios autores consiste en determinar la velocidad de propagación de los US y mediante el equipo SylvatestDuo. Con la expresión (2) se obtuvo el módulo de elasticidad dinámico.

$$E_{din} = 2 \cdot v_e \cdot \delta \quad (2)$$

Donde: • E_{din} es el módulo de elasticidad dinámico

- v_e es la velocidad de propagación de los US en la viga o pieza ensayada
- δ es la densidad de la viga o pieza ensayada

Método no destructivo por empleo de vibraciones

En este caso, excitando la pieza por medio de un golpe y analizando las vibraciones con el software FFT Analyzer de Fakopp y con la aplicación para celulares con sistema operativo Android Da Tuner, se determinó la frecuencia natural de vibración longitudinal de cada pieza. Aplicándola en la ecuación (3), derivada de la ecuación diferencial de ondas a través de un cuerpo de sección constante, se obtuvo el módulo de elasticidad dinámico.

$$E_{din} = (2 \cdot L \cdot f)^2 \cdot \delta \quad (3)$$

Donde: • E_{din} es el módulo de elasticidad dinámico

- L es la longitud de la viga o pieza ensayada



- f es la frecuencia natural de vibración
- δ es la densidad de la viga o pieza ensayada

Concluida la primera etapa, se realizó la estadística descriptiva con el fin de determinar el tipo de distribución de las técnicas no destructivas.

Método de ensayo por flexión estática

Esta determinación se realizará en la segunda etapa de este estudio. Aplicando la metodología de la norma IRAN 9663:2011, [12], se calculará del módulo de elasticidad global en flexión.

3. RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra la descripción estadística, incluyendo los resultados de las medidas de tendencia central, de variabilidad, y de forma, de la densidad aparente y los módulos de elasticidad dinámicos.

Cuadro 1. Resultados de las mediciones

	Densidad	FFT Fakoop	Da Tuner	SylvatestDuo
Cantidad de vigas	100	98	98	100
Promedio (N/mm ²)	894,9	20531,2	20521,6	26214,3
Desviación Estándar (N/mm ²)	54,06	2808,0	2809,8	3257,0
Coefficiente de Variación	6,04%	13,68%	13,69%	12,43%
Sesgo Estandarizado	-1,339	-0,635	-0,615	-0,303
Curtosis Estandarizada	-0,503	-0,809	-0,622	-0,041

En el caso de la evaluación con SylvatestDuo se obtuvieron 100 mediciones de módulos de elasticidad dinámicos. Para el caso de FFT Fakoop y DaTuner se obtuvieron 98 mediciones. Los cuatro casos estudiados dieron valores de sesgo y curtosis dentro del rango de -2 a +2, lo cual indica que sus distribuciones son estadísticamente normales.

4. DISCUSIÓN

Los coeficientes de variación del Cuadro 1 indican que en cada caso las mediciones tienen baja variabilidad respecto de sus correspondientes promedios. El sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, permiten determinar que las mediciones de módulo de elasticidad obtenidas tienen una distribución estadísticamente normal. Esto cumple con la primera condición necesaria para realizar en la segunda etapa los análisis de regresión y correlación entre las técnicas no destructivas y el ensayo de flexión que se tomará como referencia.

En una segunda etapa se obtendrán los resultados del ensayo de Flexión. Por medio del análisis de las relaciones entre los módulos de elasticidad del ensayo de flexión, tomado como referencia, y los obtenidos por los métodos de vibraciones y US, se estudiará el grado de asociación entre ellas. Por último, con una prueba de hipótesis para los coeficientes de correlación se determinará si estas relaciones estudiadas son estadísticamente significativas.

5. CONCLUSIONES

Determinar estas propiedades de *E. cloeziana* permite a los usuarios disponer de información de utilidad para mejorar su aprovechamiento en las diversas aplicaciones y fundamentalmente en la construcción. En este caso, el conocimiento de las propiedades también permitiría evaluar los resultados de las mejoras logradas por los trabajos de selección.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. MASTRANDREA, C.; MARTINEZ, M. Curso: Principios técnicos para el cultivo de especies Forestales de Entre Ríos, 1er Encuentro de Mejoramiento genético y tecnología de la madera, Propiedades de la madera. Chajarí, 2017. https://inta.gob.ar/sites/default/files/propiedades_de_la_madera.pdf
- [2]. COLECCIÓN FAO: Montes N° 11. El eucalipto en la repoblación forestal. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, Roma, 1981.



- [3]. BRINK, M.2008. *Eucalyptuscloeziana* F.Muell. En: Louppe, D., Oteng-Amoako, AA & Brink, M. (Editores). Prota 7 (1): Timbers / Bois d uvre 1. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Países Bajos.
- [4]. LEITE, M. K. 2014. Caracterização tecnológica da madeira de *Corymbiamaculata*, *Eucalyptuscloeziana* e *E. resinifera* para a aplicação no design de Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA) 135 f. Tese (Doutoradoem Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- [5]. FIORAVANTE REIS,C.A.; DE ASSIS, T. F.; AMARAL DE MELO, L.; MOURA SANTOS,A. 2017. *Eucalyptus cloeziana*: estado da arte de pesquisas no Brasil. Embrapa Florestas 42 p.: il.color. Colombo. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 304)
- [6]. INTA. Manejo sustentable de recursos naturales BIRF 7520. Programa de mejoramiento de especies forestales nativas e introducidas para usos solidos de alto valor (PROMEF 2010-2015).
- [7]. HARRAND, L. El INTA y el material genético mejorado de eucalipto. EEA INTA Concordia. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_materiales_geneticos_mejorados_de_euca.pdf
- [8]. OLIVEIRA, F.G.R.; DE CAMPOS, J.A.O.; PLETZ, E.; SALES, A.2002. Nondestructive evaluation of Wood usingultrasonictechnique. Maderas. Ciencia y tecnología 4(2):133-139.
- [9]. BARTHOLOMEU, A.; GONÇALVES, R.2007. Predição do módulo de elasticidade à flexãoem vigas de eucalipto saturadas e secasaoar utilizando a velocidade longitudinal de ultra-som. IV Conferencia Panamericana de END. Buenos Aires.
- [10]. IÑIGUEZ GONZÁLEZ, G.; ARRIAGA MARTITEGUI, F.; HERRERO, M.E.2007. Los métodos de vibración como herramienta no destructiva para la estimación de las propiedades resistentes de La madera aserrada estructural. Informes de La construcción, vol. 59,506,97-105. ISSN:0020-0883.
- [11]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma ABNT NBR 15521:2007. Ensaio não destrutivo. Ultra-som. Classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas.
- [12]. BROTO CARTAGENA, M. VILLANUEVA HERNÁNDEZ, M.; LAFUENTE GIMÉNEZ E.; RODRÍGUEZ PUERTA, F.2007. Evaluación de la resistencia por frecuencia de resonancia. Un caso práctico. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales. Buenos Aires.
- [13]. INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. 2011. Norma IRAM 9663:2011, Estructuras de Madera, Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural, Determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Buenos Aires.
- [14]. INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES.2011. Norma IRAM 9664:2011, Madera Estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. Buenos Aires.
- [15]. INSTITUTO FORESTAL DE CHILE. 1964. Construcciones en Madera, Maderas estructura y propiedades, P 1-13, Chile.
- [16]. BERENSON MARK, L. Y LEVINE DAVID, M. 1996. Estadística básica en administración. Concepto y aplicaciones. Prentice Hall Hispano Americana S.A., p 950, México.



EL UBAJAY (*Hexachlamys edulis*) UNA ESPECIE NATIVA COMO PRODUCTO FORESTAL NO MADERABLE

Ignacio Sebastián POVILONIS^{1,2}, Giuliana QUINTAVALLE², Marta ALONSO², Miriam Elisabet ARENA^{1,2}, Silvia RADICE^{1,2}

RESUMEN

La especie *Hexachlamys edulis* conocida como ubajay o duraznero de monte, pertenece a la familia Myrtaceae y es nativa de Sudamérica. En nuestro país se encuentra naturalmente desde la región del Chaco hasta el litoral del Río de la Plata. En el presente trabajo se estudió, sobre plantas crecidas en Moreno (provincia de Buenos Aires), la fenología floral y la composición fisicoquímica de los frutos. La fase reproductiva se inició con el registro de la aparición de los capullos el 8/10 de 2018 alcanzando un 70% de flores en anthesis el 6/11. El cuaje de frutos comenzó el 15/11 culminando con la cosecha el 27/12. La maduración de los frutos fue escalonada, lo cual condicionó sus propiedades fisicoquímicas. El peso fresco de los frutos fue de 19,5 g para inmaduros y 40,1 g para maduros. Todas las variables químicas analizadas presentaron diferencias significativas según el grado de madurez. Los frutos sobre maduros presentaron los máximos valores de sólidos solubles (10,1 °Brix) y la mínima acidez total titulable (1,8%). Este estudio es el primero en la provincia de Buenos Aires, con el objetivo de aportar conocimientos sobre las características fisiológicas de la planta y las propiedades fisicoquímicas de los frutos.

PALABRAS CLAVE: *Moreno, drupa, fases fenológicas, sólidos solubles, nutracéuticos*

1. INTRODUCCIÓN

La posible escasez de alimentos mundial puede abordarse desde estrategias diferentes a la de invertir más recursos para aumentar la productividad de los cultivos ya existentes. Una posibilidad es la de incorporar nuevas especies explorando formas de uso de las plantas locales como recursos alimentarios. En consecuencia su aplicación permitirá promover la diversidad alimentaria y la resiliencia agrícola. Se cultivan alrededor de 150 especies de un total estimado en 30.000 especies de plantas comestibles en todo el mundo, de las cuales solo 30 especies son las que comprenden la gran mayoría de nuestras dietas. Afortunadamente, cada vez son más numerosos los trabajos sobre plantas silvestres comestibles, así como el conocimiento sobre su uso potencial y desafíos en su uso para la producción de alimentos de una manera ecológicamente sostenible (Shelef et al., 2017).

El ubajay o duraznero de monte, *Hexachlamys edulis* (O. Berg) Kausel & D. Legrand, el cual pertenece a la familia de las Myrtaceae, es una alternativa productiva enmarcada dentro de las especies subutilizadas con propiedades nutracéuticas. Es además una planta pionera, rústica, proveedora de abundante alimentación para la fauna e indispensable en las plantaciones mixtas destinadas a recomposición de áreas degradadas de preservación permanente. Las flores son típicas de las Myrtaceae, aparecen en las axilas foliares y son de color blanco. Unos dos meses más tarde fructifica, dando lugar a una drupa de forma globosa y color amarillo, de hasta 5 centímetros de diámetro (Rodríguez, 1995). El fruto formado desde un ovario ínfero bilocular multiovulado, puede dar lugar a varias semillas (Muñoz, 1993). Por otro lado, las hojas de ubajay han sido usadas en infusiones para apalejar bronquitis, resfríos, gripes (Camelo Munevar, 2016) y diabetes dado su alto contenido de flavonoides y taninos que mejoran los niveles de azúcares en sangre (Rodríguez et al., 1992). Una completa recopilación de información científica sobre estudios realizados sobre esta especie ha sido realizada por Povilonis et al. (2020, en revisión).

¹ CONICET

² Laboratorio de Fisiología Vegetal. Universidad de Morón. Machado 914. B1708EOH. Morón, Buenos Aires.



El objetivo del presente trabajo fue la evaluación fenológica y las propiedades físico químicas de los frutos de *H. edulis* obtenidos de plantas crecidas en el Campo Experimental de Moreno de la Universidad de Morón, para su valoración como alternativa productiva y como alimento funcional mediante su posterior uso sustentable para la diversificación de la actividad agropecuaria.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con 10 plantas de *H. edulis* crecidas en el Campo Experimental de la Universidad de Morón, Moreno (provincia de Buenos Aires) ($34^{\circ} 39' \text{ SL}$, $58^{\circ} 47' \text{ WL}$, 19 m s.n.m.), desde el año 2006.

Durante el año 2018 se hizo un seguimiento fenológico de las yemas florales aplicando la metodología de Ledesma modificada (Radice, 2005). Los registros se hicieron semanalmente y la evaluación de cada una de las fases florales fue porcentual y se representaron a través de un fenograma.

Sobre los frutos cosechados en el mes de diciembre se obtuvieron muestras de 100 a 200 g de frutos en diferente grado de madurez (inmaduro, medio maduro, maduro y sobre maduro) para realizar las siguientes determinaciones según Arena (2016): peso de los frutos fresco y seco, contenido de humedad, diámetro ecuatorial y polar de los frutos, peso seco de las semillas por fruto y la relación peso seco de las semillas/peso seco de los frutos. A su vez sobre esas muestras se evaluó el contenido de sólidos solubles, se midió el pH del jugo y la acidez total titulable.

Los resultados se analizaron por test de Anova y Test de Tukey. Los datos climáticos se tomaron de la estación meteorológica de Moreno publicada por accuweather (www.accuweather.com).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evolución de las yemas florales se extendió aproximadamente durante 2 meses (Gráfico 1). Se inició a principios de octubre y finalizó a principios de diciembre con la cosecha de los frutos maduros. Ocurrió en un período de días soleados con promedios de temperaturas que rondaron los $23,71^{\circ} \text{C}$ de máxima, $16,44^{\circ} \text{C}$ de mínima y $20,7^{\circ} \text{C}$ de media que no difirieron de los promedios históricos. Por el contrario, las precipitaciones del año 2018 fueron muy diferentes a lo esperado (Gráfico 2).

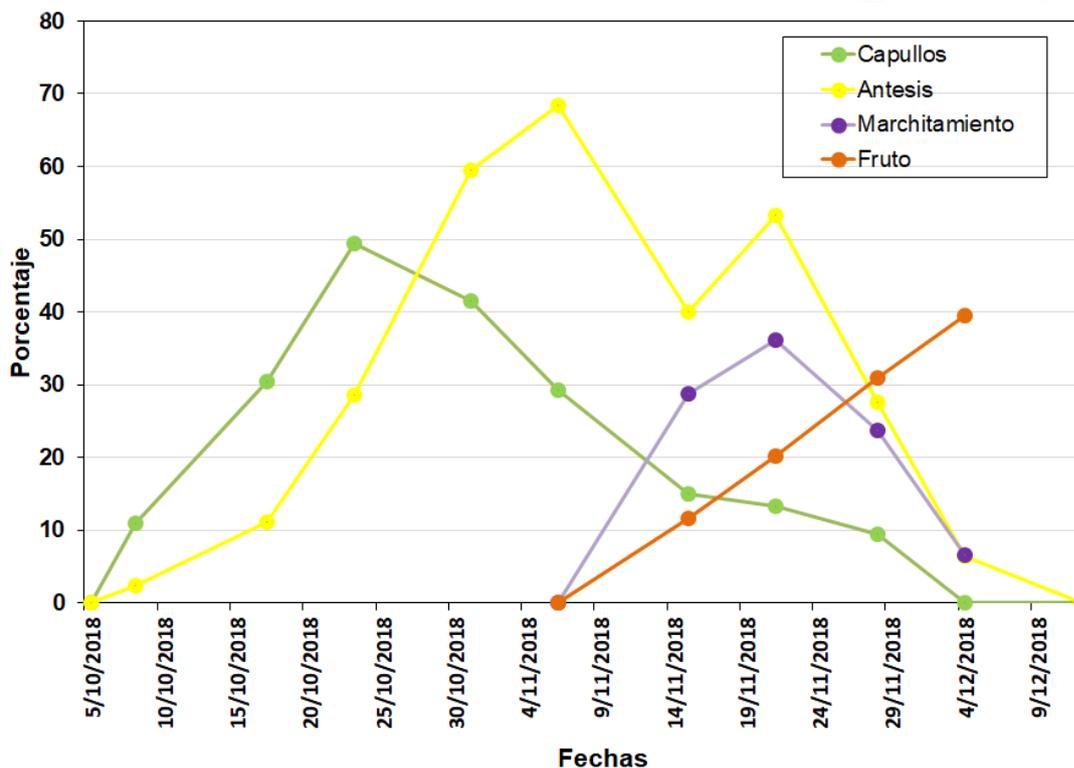


Gráfico 1. Fenograma de las distintas fases reproductivas de *Hexachlamys edulis* registradas entre los meses de octubre a diciembre del año 2018.



En los meses de enero y abril se registró déficit mientras que en agosto, octubre y diciembre importantes excesos (Gráfico 2). Si bien después del 4 de noviembre se observó una caída continua, después del día 14 se observó una leve recuperación de esta fase muy probablemente a la excesiva pérdida de flores por marchitamiento debido a las copiosas lluvias registradas. Es muy frecuente observar la pérdida de los órganos que constituyen los destinos más exigentes en nutrientes cuando las plantas sufren algún tipo de estrés. En este caso, el anegamiento temporario promovió la caída de flores lo cual provocó, la reactivación de las yemas de reserva una vez superado el estrés (Radice, 2015). Después de una semana de este pequeño aumento, la fase de antesis volvió a caer hasta fines de noviembre en donde se registró el fin de la floración.

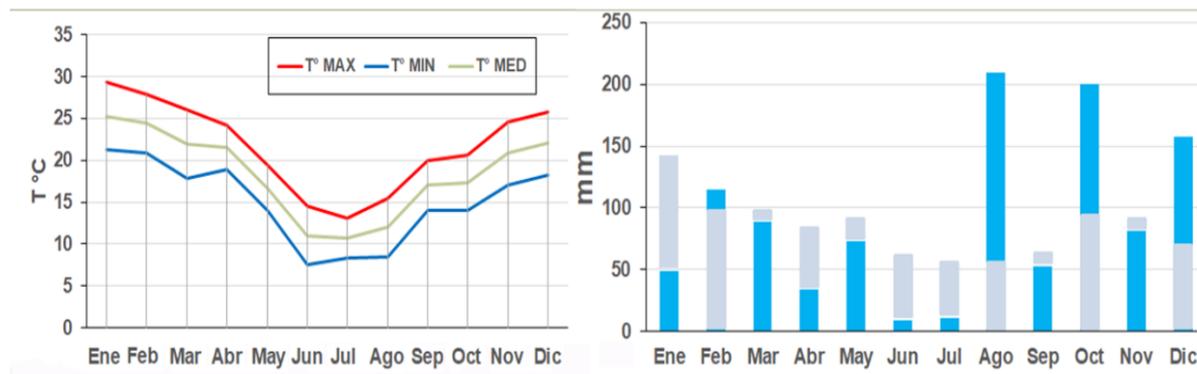


Gráfico 2. Datos climáticos de la localidad de Moreno (provincia de Bs. As.). Temperaturas y precipitaciones del año 2018 (barras celestes) y precipitaciones promedios históricos (barras grises).

La fase de marchitamiento de flores se inició a principio del mes de noviembre con un máximo de 35% a mediados de ese mes para luego decrecer. Los frutos se manifestaron a principios de noviembre y el crecimiento fue exponencial hasta la cosecha que se hizo a mediados de diciembre (Gráfico 1). Los primeros capullos se manifestaron el 5 de octubre y a partir de esa fecha se observó un incremento hasta el 25 de octubre en donde se registró el pico máximo con una presencia promedio de 50% en el total de las plantas. El 20 de octubre se observó el inicio de la fase de antesis (10 %, Gráfico 1), que alcanzó su pico máximo después de 15 días. El estado de madurez de los frutos afectó las propiedades físicas de los mismos (Cuadro 1). El peso fresco de los frutos fueron mínimos en el fruto inmaduro (19,5) para aumentar significativamente en los medio maduros (40,1). El peso seco tuvo un incremento con un pico en el medio maduro (10,1) luego fue disminuyendo considerablemente hasta registrar su mínimo en el fruto sobre maduro (6,5). La humedad fue aumentando significativamente desde fruto inmaduro (68,2) hasta sobre maduro (83,3).

Cuadro 1. Análisis de las variables físicas, considerando los estados de madurez de los frutos de *H. edulis* "ubajay".

Factor	PFF (g)	PSF (g)	H (%)	DEm (mm)	DEM (mm)	DP (mm)	NS	PSS (g)	PSS/PSF
Madurez									
<i>Inmaduro</i>	19,47 b	6,33	68,21 b	31,41 b	34,31 b	36,29	2,80	2,19	0,34b
<i>Medio Maduro</i>	40,12 a	10,17	74,61 b	41,43 a	47,61 a	43,79	2,20	3,55	0,34b
<i>Maduro</i>	39,55 a	8,00	79,95 ab	42,37 a	48,47 a	38,61	2,60	3,00	0,38b
<i>Sobre Maduro</i>	38,50 a	6,51	83,31 a	43,60 a	50,03 a	39,81	2,43	3,49	0,53a
<i>F</i>	6,993	2,305	16,464	8,816	14,142	2,148	0,414	1,689	10,182
<i>P</i>	0,001	0,095	0,000	0,000	0,000	0,113	0,744	0,188	0,000

PFF: peso fresco fruto; **PSF:** peso seco fruto; **H:** humedad; **DEm:** diámetro ecuatorial menor; **DEM:** diámetro ecuatorial mayor; **DP:** diámetro polar; **NS:** número de semillas; **PSS:** peso seco semilla: peso seco de semillas/peso seco de frutos. **F** = Test de Fisher; **P** = significancia. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) usando el test de Tukey.



En cuanto al diámetro ecuatorial menor hubo un aumento considerable desde fruto inmaduro (31,4) a fruto medio maduro (41,3) luego se mantuvo. El diámetro ecuatorial mayor tuvo la misma tendencia que el diámetro ecuatorial menor, el fruto inmaduro marcó el mínimo (34,3) y pasó con cambios importantes al fruto medio maduro (41,4). En la variable del diámetro polar podemos ver que el pico mayor fue en el fruto medio maduro, luego el mínimo en el fruto inmaduro pero sin más cambios significativos. El número de semillas fue disminuyendo con el estado de madurez siendo mínimo en los frutos inmaduros (2,8), mientras que el peso seco de las semillas tuvo sus variaciones con incrementos en frutos medio maduros y sobre maduro marcando su máximo en medio maduro (3,6), mientras que bajó el peso en los frutos inmaduros y maduros marcando su mínimo en el fruto inmaduro (2,2). Por último, en cuanto al ratio entre el peso seco de las semillas y el peso seco de los frutos fue significativamente mayor en los frutos sobre maduros (0,5) (Cuadro 1).

Al analizar las variables químicas, se encontró que el estado de madurez de los frutos afectó los sólidos solubles, el pH, la acidez total titulable y el ratio entre los sólidos solubles y la acidez total titulable (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de las variables químicas, considerando los estados de madurez de los frutos de *H. edulis* "ubajay".

Factor	SS (°Brix)	pH i	ATT (%)	SS/ATT
Estado de Madurez				
<i>Inmaduro</i>	7,57 c	3,41 a	1,78 a	4,26 b
<i>Medio Maduro</i>	6,00 d	3,17 a	1,61 ab	3,74 b
<i>Maduro</i>	8,17 b	2,33 b	1,83 a	4,50 b
<i>Sobre Maduro</i>	10,10 a	3,53 a	1,38 b	7,31 a
F	2068,46	15,78	9,31	77,30
P	0,000	0,001	0,005	0,000

SS: sólidos solubles; pH i: pH inicial; ATT: acidez total titulable expresada en ácido cítrico; SS/ATT: ratio sólidos solubles y acidez total titulable. F = Test de Fisher; P = significancia. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) usando el test de Tukey.

El pH fue disminuyendo a medida del desarrollo del fruto hasta registrar el menor valor en los frutos maduros (2,3), luego tuvo un incremento leve. Los sólidos solubles fueron mínimos en los frutos inmaduro y medio maduro (7,6 y 6,0 °Brix, respectivamente) para aumentar significativamente en los sobre maduros (10,1 °Brix). Estos valores fueron apenas inferiores que los registrados para esta especie en San Pablo (Brasil) (Branco et al., 2016). Si bien los sólidos solubles aumentaron a medida que el fruto maduró, la acidez total titulable presentó una clara tendencia decreciente con el incremento de la maduración siendo mínima en los frutos sobre maduros (1,4%), siendo también estos valores inferiores que los registrados para esta especie en San Pablo (Brasil) (Branco et al., 2016). Por último, el ratio entre los sólidos solubles y la acidez total titulable proporciona una indicación de la calidad organoléptica de los frutos. Esta relación aumentó con la maduración. Los valores oscilaron entre 3,7 y 7,3 en los frutos estudiados. Los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, en una relación típica entre azúcares y ácidos en las diferentes especies de frutales (Wills, 1998). La evolución de los sólidos solubles y de la acidez total titulable en los frutos, son indicadores útiles de los cambios metabólicos que ocurren durante la fructificación y que permiten definir el momento óptimo para la cosecha (Boulton et al., 1996). Si bien no se ha cuantificado aún el contenido de los azúcares solubles ni su composición, los contenidos de sólidos solubles en los frutos de ubajay de este trabajo pueden considerarse aceptables (Souci et al., 2008).

4. CONCLUSIONES

Las fases reproductivas observadas de *Hexachlamys edulis* en la localidad de Moreno, entre los meses de octubre y diciembre, estuvieron estrechamente relacionadas con la temperatura, humedad y la ocurrencia de precipitaciones. El estado de madurez de los frutos afectó las propiedades físico-químicas de los mismos. Durante la maduración aumentó la cantidad de sólidos solubles, mientras que la acidez total titulable fue disminuyendo. El contenido de sólidos solubles en estos frutos es aceptable,



hecho que, juntamente con la presencia de pigmentos amarillos del tipo de los carotenoides que aún no fue cuantificada, estaría indicando que el ubajay podría considerarse como un fruto con propiedades nutraceuticas destacadas.

Es necesario continuar estos estudios en distintas zonas del país para poder comprender mejor el comportamiento de esta especie y así poder implementarla como cultivo agronómico ya que estos resultados físico químicos del fruto son un indicio del uso potencial como alimento funcional.

5. LITERATURA CITADA

ACCUWEATHER (www.accuweather.com – fecha de consulta: agosto 2019)

ARENA, M.E. 2016. Estudio de algunos fenómenos morfofisiológicos y cambios bioquímicos en *Berberis microphylla* G. Forst (sinónimo *B. buxifolia*) asociados a la formación y maduración de frutos en Tierra del Fuego y su relación con la producción de metabolitos útiles. Tesis Doctoral. UN Sur, 234 pág.

BOULTON, R.B.; SINGLETON, V.L.; BISSON, L.F.; KUNKEE, R.E. 1996. Principles and Practices of Winemaking, Chapman and Hall, New York, 604 pp.

BRANCO, I.G.; KIKUCHI, T.; SANJINEZ ARGADOÑA, E.J.; FREITAS MORAES, I.C.; HAMINIUK, C.W.I. 2016. Drying kinetics and quality of uvaia *Hexachlamys edulis* (O. Berg) podwer obtained by foam-mat drying. Int. J. Food Sci. Tech. 51: 1703-1710.

CAMELO MUNEVAR, D.O. 2016. Contribución al estudio fitoquímico de frutos de *Syzygium paniculatum* G. y evaluación de su actividad antioxidante. Undergraduate thesis, Universidad Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

MUÑOZ, D. 1993. Plan de Manejo Parque Provincial Cruce Caballero. Informe Final C.F.I.- Ministerio de Ecología y R.N.R., Misiones.

POVILONIS, I.S.; ARENA, M.E.; RADICE, S. 2020. *Hexachlamys edulis* (Berg) Kausel & Legrand, "ubajay", a native fruit species from South America. En consideración en Ethnobiology and Conservation.

RADICE, S. 2005. Biología floral y reproductiva del cultivar Forastero (*Prunus persica* [L] Batsch.) Rosaceae, Prunoideae, en estiones crecidos sobre pies francos o clonales macro y micropropagados. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

RODRÍGUEZ, M.E. 1995. Lafoensia (Myrtaceae), una novedad para la República Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 30 (3-4): 209-211.

RODRIGUEZ, J.; LOYOLA, J.; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. 1992. Hypoglycaemic Activity of *Hexachlamys edulis* ('Yvahai') Extract in Rats. Phytotherapy Research, 6. 47-49 p.

SHELEF, O.; WEISBERG, P.J.; PROVENZA, F.D. 2017. The Value of Native Plants and Local Production in an Era of Global Agriculture. Frontiers in Plant Science 8 (2069).

SOUCI, S.W.; FACHMANN, W.; KRAUT, H. 2008. Food Composition and Nutrition Tables, 7th ed. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, Germany, Available on-line at <http://www.sfk-online.net/cgi-bin/sfkstart.mysql/language=english>.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, Nueva York. 262 p., 1998.



ESPECIES VEGETALES ASOCIADAS AL UBAJAY (*Hexachlamys edulis*) EN LA COSTA ORIENTAL DE ENTRE RÍOS

Ignacio Sebastián POVILONIS¹², Marta ALONSO², Miriam Elisabet ARENA¹², Silvia RADICE¹²

RESUMEN

Hexachlamys edulis (ubajay) es una especie nativa de Sudamérica y en Argentina se la encuentra, entre otros sitios, en la selva en galería del río Uruguay. En el marco de un estudio de variabilidad fenotípica del ubajay se desarrolló el presente trabajo que tuvo como objetivo evaluar los cambios en la biodiversidad y abundancia de especies vegetales acompañantes de árboles de ubajay. Se seleccionaron 40 ejemplares de ubajay en 4 áreas ubicadas en las localidades de Concordia, El Palmar y Gualaguaychú. Se determinó la abundancia y riqueza de especies, la riqueza de familias de plantas presentes y se diferenciaron entre nativas y exóticas para la comparación entre los sitios de estudio. Se generó un indicador antrópico que señala la presencia de especies nativas. Se encontraron 39 familias, 70 especies y 613 ejemplares de abundancia en total. La distribución de riqueza, abundancia, familias y la relación de especies nativas y exóticas asociadas al ubajay varía significativamente en distintas áreas de la costa del río Uruguay en la provincia de Entre Ríos.

Palabras clave: *flora, río Uruguay, biodiversidad, conservación*

1. INTRODUCCIÓN

Las superficies de bosques nativos han disminuido en las últimas décadas en la Argentina por el avance de la frontera agrícola y ganadera (Viglizzo y Jobbágy, 2010). Sin embargo, aún se conservan áreas con menor efecto antrópico como ocurre en la selva en galería del río Uruguay en la provincia de Entre Ríos. Estas áreas son fuentes de biodiversidad de especies subtropicales por el fenómeno de intrusión de vegetación por el cual especies de la Provincia Paranaense se desplazan hacia el sur por los ríos Uruguay y Paraná y se adaptan al microclima ribereño que toma un aspecto selvático (Bertucci *et al.*, 2008). Esta adaptación da origen a una gran variabilidad fenotípica con potenciales servicios ecosistémicos para la humanidad. Este es el caso de *Hexachlamys edulis* (O. Berg) Kausel & D. Legrand, “ubajay”, especie que ha sido observada en áreas cercanas a cursos de agua y selvas o bosques en galería de los ríos Paraná y Uruguay (Proença, 2006). Esta especie se destaca por su fruto comestible y su potencial como recurso forestal no maderable de importancia para la salud y la nutrición (Vignale y Bisio, 2005).

En el marco de un estudio de variabilidad fenotípica del ubajay se genera la necesidad de conocer el estado de conservación entre los sitios de muestreo. Para esto, la riqueza y abundancia de las diversas especies registradas es un importante indicador de la biodiversidad y del avance antrópico junto con la cuantificación de especies nativas y exóticas. No obstante, cabe aclarar que se entiende por riqueza a la cantidad de especies diferentes por superficie o punto de muestreo, mientras que la abundancia es el número de individuos por superficie o punto de muestreo (Rodríguez *et al.*, 2005).

El presente trabajo tuvo como objetivos: *i)* evaluar los cambios en la riqueza y abundancia de especies vegetales acompañantes de árboles de ubajay en tres poblaciones de la selva en galería del río Uruguay en la provincia de Entre Ríos; *ii)* explorar la relación entre nativas y exóticas y *iii)* conocer las principales familias presentes, tanto exóticas como nativas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 40 ejemplares de ubajay crecidos en forma espontánea en 3 poblaciones de la selva

¹ CONICET

² Laboratorio de Fisiología Vegetal. Universidad de Morón. Machado 914. B1708EOH. Morón, Buenos Aires



en galería del río Uruguay, dentro de la provincia de Entre Ríos. La distribución de estos árboles seleccionados fue: 5 ejemplares en el establecimiento apícola La Morocha en Concordia, 7 en las cercanías del parque municipal La Tortuga Alegre en Concordia, 15 ejemplares en el Parque Nacional El Palmar y 13 en la reserva privada El Potrero de San Lorenzo en Gualeguaychú. Para el registro y recuento de las especies acompañantes se determinó un radio de 3 metros desde el fuste de cada árbol seleccionado (28,3 m²), donde se clasificó taxonómicamente y se registró el número de todas las especies leñosas y semileñosas presentes. Como análisis preliminares se midieron la riqueza absoluta (R) que es el número de especies en cada unidad experimental y la abundancia absoluta (A) que representa el número de individuos en cada unidad experimental. La riqueza de familias (Rf) es la cantidad de familias presentes en cada unidad experimental y se diferenciaron entre nativas y exóticas para la comparación entre los diversos sitios de estudio. Se generó un indicador antrópico (I) que señala la relación de especies nativas y exóticas, donde 1 implica una vegetación completamente nativa y 0 completamente exótica:

$$I = \frac{n^{\circ} \text{ nativas}}{n^{\circ} \text{ nativas} + n^{\circ} \text{ exóticas}}$$

Los resultados se analizaron mediante ANOVA y posteriormente las medias se separaron por test de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se catalogó la flora total de las áreas de estudio, se encontraron 39 familias con 70 especies de riqueza y 613 ejemplares de abundancia (Cuadro 1). La riqueza en cada población está dada por 16 especies asociadas pertenecientes a 11 familias en La Tortuga Alegre, 24 especies de 18 familias en La Morocha, 32 especies de 22 familias en El Palmar y 26 especies de 19 familias en Gualeguaychú. Por otra parte, la abundancia en cada población está dada por 104 individuos totales asociados en La Tortuga Alegre, 105 especies en La Morocha, 165 especies en El Palmar y 239 especies en Gualeguaychú.

Cuadro 1. Presencia de especies en los sitios bajo estudio.

Familia	Especie	Concordia		El Palmar	Gualeguaychú
		La Morocha	La Tortuga Alegre		
Nativas		17	14	21	21
FABACEAE	<i>Acacia caven</i>	P	P	P	P
SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i>	P	A	P	P
LILIACEAE	<i>Asparagus setaceus</i>	A	A	A	P
FABACEAE	<i>Bauhinia forficata</i>	A	A	A	P
MYRTACEAE	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	A	P	P	A
LOGANIACEAE	<i>Buddleja globosa</i>	A	A	A	P
ARECACEAE	<i>Butia yatay</i>	A	P	P	A
ULMACEAE	<i>Celtis iguanaea</i>	A	A	A	P
ULMACEAE	<i>Celtis tala</i>	P	A	P	P
RUBIACEAE	<i>Cephalanthus glabrotus</i>	A	P	A	A
SOLANACEAE	<i>Cestrum parqui</i>	A	A	A	P
VITACEAE	<i>Cissus verticilata</i>	P	A	A	A
RUTACEAE	<i>Citrus aurantium</i>	A	A	P	A
RANUNCULACEAE	<i>Clematis montevidensis</i>	P	A	A	A
CUCURBITACEAE	<i>Cyclanthera hystrix</i>	P	A	A	A
BIGNONIACEAE	<i>Dolichandra cynanchoides</i>	A	A	P	A
FABACEAE	<i>Erythrina crista galli</i>	P	A	A	P
MYRTACEAE	<i>Eugenia uniflora</i>	A	P	A	P
MYRTACEAE	<i>Eugenia uruguayensis</i>	P	P	P	P
ENOTERACEAE	<i>Fuchsia magellanica</i>	A	A	P	P
ASTERACEAE	<i>Heterothalamus alienus</i>	A	P	A	A
MYRTACEAE	<i>Hexachlamys edulis</i>	A	A	A	P
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	A	A	P	A
TILIACEAE	<i>Luehea divaricata</i>	A	P	A	A
BIGNONIACEAE	<i>Magfadenia unguis cati</i>	A	A	P	A
CELASTRACEAE	<i>Maytenus ilicifolius</i>	A	A	A	P
POLYPODIACEAE	<i>Microgramma lycopodioides</i>	A	A	P	A



FABACEAE	<i>Mimosa pilulifera</i>	P	A	A	A
FABACEAE	<i>Mimosa sp</i>	A	P	A	A
POLYGONACEAE	<i>Muehlenbeckia sagittifolia</i>	P	P	A	P
MYRTACEAE	<i>Myrrhimum atropurpureum</i>	A	A	P	A
MYRSINACEAE	<i>Myrsine laetevirens</i>	A	A	A	P
MYRTACEAE	<i>Myrtus mucronatum</i>	A	P	A	A
LAURACEAE	<i>Ocotea acutifolia</i>	P	A	A	A
MALVACEAE	<i>Pavonia malvacea</i>	A	P	A	A
FABACEAE	<i>Poecilanthe parviflora</i>	P	A	A	A
SAPOTACEAE	<i>Pouteria salicifolia</i>	A	A	P	P
EUPHORBIACEAE	<i>Sapium haematospermum</i>	A	A	P	A
ANACARDIACEAE	<i>Schinus longifolius</i>	A	A	P	P
ANACARDIACEAE	<i>Schinus molle</i>	A	A	P	A
RHAMNACEAE	<i>Scutia buxifolia</i>	A	A	P	P
EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	P	P	A	P
FABACEAE	<i>Sesbania punicea</i>	P	A	A	A
SOLANACEAE	<i>Solanum amygdalifolium</i>	A	P	A	A
SOLANACEAE	<i>Solanum jazminoides</i>	A	A	P	A
SOLANACEAE	<i>Solanum mauritianum</i>	A	A	P	P
MALPIGHIACEAE	<i>Stigmaphyllon bonarense</i>	P	A	A	A
COMBRETACEAS	<i>Terminalia australis</i>	P	A	A	A
ASTERACEAE	<i>Tessaria integrifolia</i>	P	A	A	A
VERBENACEAE	<i>Verbena littoralis</i>	A	A	P	A
Exóticas		7	2	10	5
VERBENACEAE	<i>Aloysia gratissima</i>	A	A	P	A
BASELLACEAE	<i>Anredera cordifolia</i>	P	P	A	A
VERBENACEAE	<i>Citharexylum montevidense</i>	P	A	A	A
ROSACEAE	<i>Crataegus oxyacantha</i>	A	A	P	A
EPHEDRACEAE	<i>Ephedra twediana</i>	A	A	P	P
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus grandis</i>	P	A	A	A
PROTEACEAE	<i>Grevillea robusta</i>	A	A	P	A
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomea sp</i>	P	A	A	A
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea cairica</i>	P	A	P	A
OLEACEAE	<i>Jazminum humile</i>	A	A	P	A
JUNCACEAE	<i>Juncus acutus</i>	P	A	A	P
VERBENACEAE	<i>Lantana camara</i>	A	A	A	P
OLEACEAE	<i>Ligustrum lucidum</i>	A	A	P	A
OLEACEAE	<i>Ligustrum sinensis</i>	A	A	P	A
MELIACEAE	<i>Melia azederach</i>	A	A	P	A
MALVACEAE	<i>Pavonia hastata</i>	A	P	A	A
LAURACEAE	<i>Persea americana</i>	A	A	A	P
ARECACEAE	<i>Phoenix canariensis</i>	P	A	A	A
SALICACEAE	<i>Populus nigra</i>	A	A	A	P
SALICACEAE	<i>Salix babylonica</i>	A	A	P	A
TOTAL		24	16	31	26

En el sitio La Morocha Concordia, los árboles de ubajay presentaron una riqueza de 8,80 especies acompañantes, sin diferencias a la población de Gualeguaychú con 6,62 pero significativamente diferente a lo observado en la población de La Tortuga Alegre con 5,00 especies acompañantes y El Palmar con 4,87 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de riqueza, abundancia e indicador de especies nativas/exóticas considerando las tres poblaciones de *Hexachlamys edulis* "ubajay" muestreados en Entre Ríos en septiembre de 2019.

Población	R	A	I	Rf
Concordia La Morocha	8,80 a	21,00 a	0,73 b	5,20 ab
Concordia La Tortuga Alegre	5,00 b	14,86 ab	0,95 a	7,42 a
El Palmar	4,87 b	11,00 b	0,80 ab	5,33 ab
Gualeguaychú	6,62 ab	18,38 ab	0,70 b	4,77 b
F	7,052	4,384	5,267	3,755
P	0,001	0,010	0,004	0,019

R: riqueza. A: abundancia. I: indicador antrópico. Rf: riqueza de familias. F = Test de Fisher; P = significancia. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas a p<0,05 usando el test de Tukey.



La abundancia está dada por 21,00 individuos acompañantes promedio por ejemplar de ubajay en La Morocha Concordia que se diferenció significativamente de los árboles de El Palmar cuya abundancia fue 11,00. Para el indicador antrópico se encontraron diferencias significativas en La Tortuga Alegre con mayor cantidad de especies nativas; con un índice de 0,95 se diferenció significativamente de La Morocha y de la población Gualeguaychú. El análisis por riqueza de familias fue significativamente mayor en La Tortuga Alegre con 7,42 por sobre Gualeguaychú con 4,77.

En La Morocha se destacaron las Fabáceas entre las nativas y las Juncaceae entre las exóticas según la distribución de familias expresada en porcentaje del total (Gráfico 1). En La Tortuga Alegre se destacó la familia de las Myrtaceae con más del 40%. En el Palmar se destacó la familia de las Solanaceae como nativas y Oleaceae como exóticas. Finalmente en Gualeguaychú también se destacó la familia de las Solanaceae y como exóticas las Lilaceae.

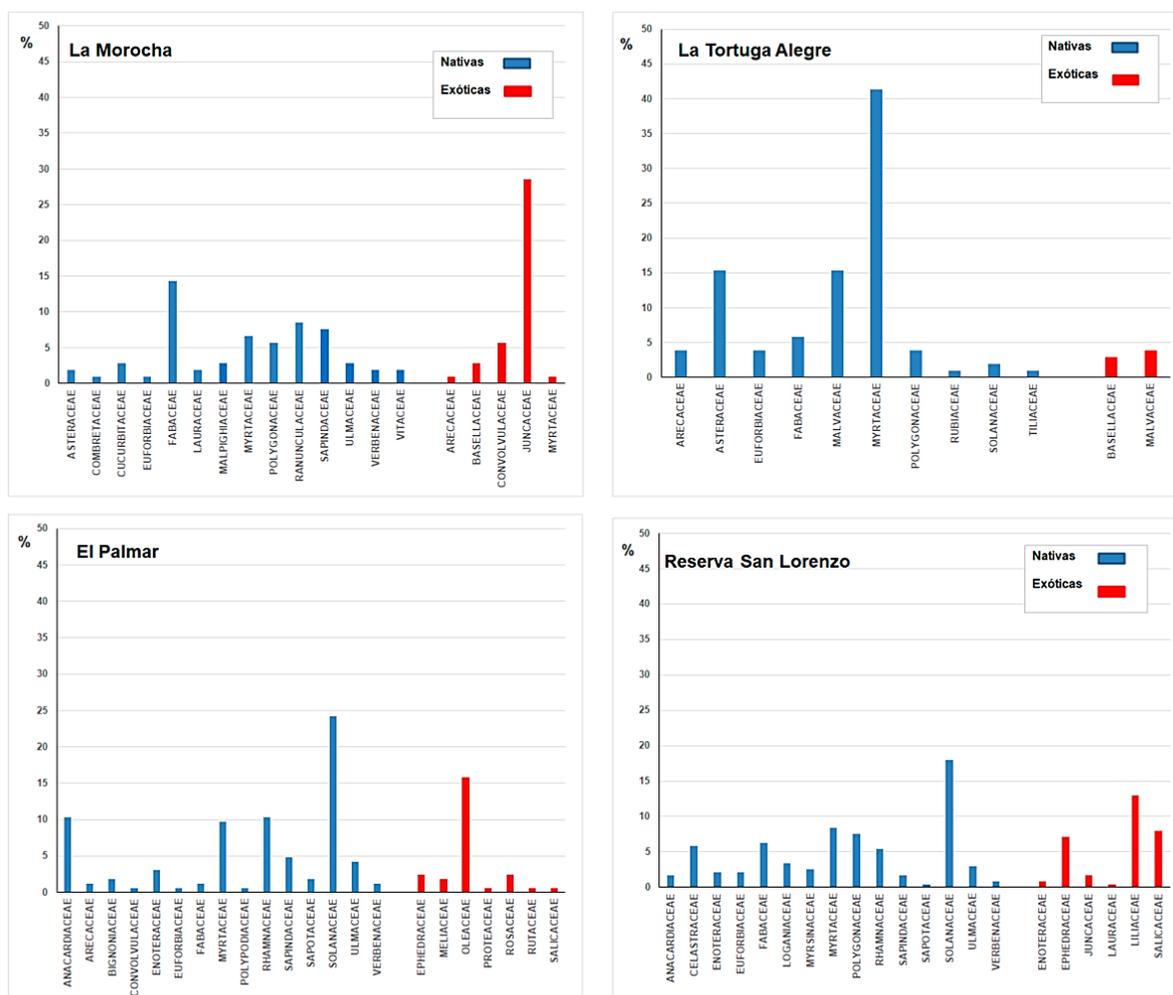


Gráfico 1. Distribución porcentual de familias en cada área bajo estudio.

4. CONCLUSIONES

La distribución de riqueza, abundancia, familias y la relación de especies nativas y exóticas asociadas al ubajay varía significativamente entre las poblaciones estudiadas de Concordia, Parque Nacional El Palmar y Gualeguaychú ubicadas en la costa del río Uruguay en la provincia de Entre Ríos.

Se remarca la importancia de conservar la biodiversidad de estos sitios ya que albergan especies nativas de interés como recursos forestales no maderables. En este sentido, se destacan otras especies de la familia de las mirtáceas como *Eugenia uniflora*, *Eugenia uruguayensis*, *Myrtus mucronatum*, *Myrrhinium atropurpureum* y *Blepharocalyx salicifolius*.



5. LITERATURA CITADA

- BERTUCCI, A.; HARETCHE, F.; OLIVARO, C.; VÁZQUEZ, A. 2008. Prospección química del bosque en galería de río Uruguay. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 18(1):21-25
- PROENÇA, C.E.B. 2006. Proposal to Conserve the Name *Myrcianthes edulis* against *Psidium amygdalinum* (Myrtaceae). *Taxon* 55(2):536-537
- RODRÍGUEZ, N.; RUÍZ, R.; ARMENTERAS PASCUAL, D.; MENDOZA CIFUENTES, H.; UMAÑA, A.M.; ARANGO, N.; BAPTISTE, E.M.P. 2005. Corredor nororiental de robles: indicadores de estado de la biodiversidad, factores antrópicos asociados y áreas prioritarias de conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad. 88 p.
- VIGLIZZO, E.F.; JOBBÁGY, E. 2010. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Ediciones INTA. P: 9-16
- VIGNALE, B.; BISIO, L. 2005. Selección de frutales nativos en Uruguay. *Agrociencia* 9(1-2):41- 51



CONSERVACIÓN Y ANÁLISIS DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CINCO ESPECIES NATIVAS EN EL NE DE CORRIENTES

Christian CHRAPEK¹, Raúl PEZZUTTI², Raúl SCHENONE³, Silvana CALDATO⁴, Julián MACHUCA⁵

RESUMEN

Con el objetivo de contribuir a la conservación y estudiar el potencial productivo de 5 especies nativas, *Araucaria angustifolia* Bertol. Kuntze (pino Paraná), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro misionero), *Cordia trichotoma* Vell. Arráb. Ex Steud. (peteribí), *Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos (lapacho rosado) y *Myrcarpus frondosus* Allemao (inciense), fue implantado un ensayo en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Salvador; ubicado a 28°11'35,11", latitud Sur y 56°04'37,84", longitud oeste de Greenwich; con una altitud de 107 m, al noreste de la provincia de Corrientes. La plantación se realizó a un distanciamiento entre plantas de 3 x 3 metros, en parcelas de 25 plantas. El diseño experimental usado fue bloques completos al azar con 4 repeticiones. El ensayo se estableció en suelo rojo arcilloso realizándose un subsolado a 30 cm de profundidad y controles de malezas y hormigas previos a la plantación. Anualmente y durante 6 años se midieron las variables: número de plantas vivas, altura total, diámetro a la altura del cuello y forma del fuste. Los resultados muestran que las 5 especies están bien conservadas con sobrevivencia superior al 76%. Considerando el crecimiento, la sanidad y la forma del fuste, el pino Paraná y el peteribí son las especies de mayor potencial productivo.

Palabras clave: *Preservación, flora nativa, crecimiento*

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Eibl y López (2017) la biodiversidad arbórea puede ser abordada con fines productivos, de restauración y conservación. Esta, como un recurso renovable, puede contemplar el uso múltiple y masivo de las especies con fines económicos en un marco de conservación.

Los bosques nativos son sistemas complejos y la presión antrópica produce cambios y pérdidas de biodiversidad, degradándose también los servicios ambientales que los bosques ofrecen. (Vega López, 2009; Moscovich et al., 2010; SCDB, 2010).

Por conservación ex situ se entiende a la conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales, este es el caso de las labores de conservación de plantas, animales o microorganismos que se desarrollan en jardines botánicos, zoológicos y acuarios, centros de reproducción o cría en cautividad, bancos de semillas o de tejidos, etc. (Pezzutti et al., 2013).

En la Selva Misionera el inciense (*Myrcarpus frondosus* Allemao) constituye, junto al lapacho (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos), el cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), el peteribí (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.) y el pino Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), una de las especies arbóreas proveedoras de las maderas más preciadas, siendo representantes valiosísimos de la flora nativa (Caldato y Pezzutti, 2010).

Crechi et al. (2010), citando a diversos autores, afirma que el cultivo de especies forestales nativas en la provincia de Misiones tiene escasos antecedentes, mayormente en enriquecimiento de montes,

¹Christian Chrapek. Prof. Universidad del Salvador. Contacto: christian.chrapek@usal.edu.ar / tel.: 0376- 4181716.

²Raúl Pezzutti. F. Bosques del Plata S.A., Prof. USAL. Contacto: rpezzutti@cmpec.com.ar / tel.: 0376-4683041.

³Raúl Schenone. F. Bosques del Plata. S.A. Prof. USAL. Contacto: rschenone@cmpec.com.ar / tel.: 0376-4684934.

⁴Silvana Caldato. Prof. Universidad del Salvador. Contacto: silvana.caldato@usal.edu.ar / tel.: 0376-4513856.

⁵Julián Machuca. Estudiante de Ing. Agronómica. Universidad del Salvador. Contacto: julian.machuca@usal.edu.ar/ tel.: 03777-678779.



algunos carentes de continuidad y otros a nivel de ensayo. Salto y Lupi (2019), presentan avances tecnológicos para distintas especies nativas de Argentina los cuales pueden tomarse como referencia y ejemplo para futuros estudios. La información sobre el crecimiento de especies nativas arbóreas y su potencial productivo en la provincia de Corrientes es escasa, motivo por el cual resulta relevante la instalación de ensayos y estudios que permitan comprender como se desarrollan estas en los diferentes sitios de la provincia.

El presente trabajo tiene por objetivo contribuir a la conservación y estudiar el potencial productivo de cinco especies nativas *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis*, *Cordia trichotoma*, *Handroanthus heptaphyllus*, y *Myrocarpus frondosus*, en el noreste de la provincia de Corrientes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo fue desarrollado sobre parcelas pertenecientes al Campus San Roque González de Santa Cruz, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, de la Universidad del Salvador; a una distancia aproximada de 18 km de la localidad de Gdor. Virasoro, ubicadas en la provincia de Corrientes, Argentina en las coordenadas geográficas de 28°11'35,11" de latitud sur y 56°04'37,84" de longitud oeste de Greenwich; con una altitud de 107 m sobre el nivel del mar.

El área de ocupación de las parcelas, es de 0,45 ha y presenta un relieve llano. Las mismas, se encuentran limitadas por pastizales en los sentidos norte, sur y oeste; y en sentido este por plantaciones de distintas especies de *Pinus sp.* de 4 años de edad.

El suelo donde se estableció el estudio es rojo arcilloso perteneciente a la serie Díaz de Vivar.

El promedio de precipitaciones anuales es de 1940 mm; temperatura media anual de 21,5 °C, con presencia de heladas; vientos del sector noreste que predominan la mayor parte del año, a una velocidad aproximada de 11 km/h.

Plantación

Como material de propagación se utilizaron semillas, de diferentes orígenes y procedencias, cosechadas manualmente en el año 2012. Para la siembra de araucaria, se cosecharon semillas de un bosque nativo, localizado entre Dos hermanas y Bernardo de Irigoyen (Misiones). En el caso de incienso, son originarias de un bosque nativo situado en Fachinal (Misiones), Campo San Andrés de Bosques del Plata. Las semillas de cedro proceden de un árbol semillero ubicado en Campo Jesús Cué, de Gob. Virasoro (Corrientes). En cuanto al material empleado para la siembra de las especies de lapacho y peteribí, tienen su origen en el Jardín Botánico Alberto Roth, de la ciudad de Posadas (Misiones).

A partir del momento de siembra, todas las especies permanecieron bajo óptimas condiciones y cuidados adecuados en el vivero de la empresa Forestal Bosque del Plata S.A.

Luego de haber estado un año en vivero, en el mes de septiembre del año 2013, fueron llevadas a campo, 100 plantas de cada una de las especies nombradas, para su plantación manual.

La misma, se llevó a cabo en distanciamientos de 3 m x 3 m, en 20 parcelas totales, agrupadas en 4 bloques, ocupando un área total de 4500 m². El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con 4 repeticiones.

Previo a esto, se realizó un control de hormigas, preparación de suelo con subsolador a 30 cm de profundidad, y control de malezas (químico y mecánico). A los 11 meses de la plantación, se realizó una primera reposición de algunos ejemplares, de todas las especies, y luego de dos meses, una segunda reposición. Esto se debió principalmente a daños ocasionados por animales, heladas o mortalidad natural.

A los 6 años de edad las plantas fueron intervenidas con podas de formación, eliminando brotes basales, bifurcaciones y ramas de manera de lograr un fuste maderable en el tiempo.



VARIABLES ESTUDIADAS

Todos los años se realizaron mediciones en cada uno de los ejemplares de las distintas especies presentes en todas las parcelas. Se observó la sobrevivencia, sanidad, forma (escala de 1 a 4, donde 1 representa un fuste total recto) y se procedió a la medición de las variables altura total y diámetro a la altura del cuello (DAC), utilizando cinta métrica y calibre. El volumen por planta se estimó considerando la fórmula de un paraboloides.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Fueron calculados los valores medios de cada variable por tratamiento y edad. Los mismos fueron graficados con la finalidad de visualizar el crecimiento en el período de estudio de las plantaciones.

A los 6 años de edad las variables se analizaron a través del análisis de la varianza correspondiente al diseño estadístico utilizado, y test de separación de medias de Tukey ($P < 0,05$) cuando los tratamientos presentaron diferencias significativas (Test de F). Las variables sobrevivencia y forma, expresadas en porcentaje, fueron transformadas por la raíz cuadrada arco seno para su análisis.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el gráfico 1 se presentan los resultados de sobrevivencia, diámetro a la altura del cuello, altura total y volumen individual obtenidos para las cinco especies analizadas durante los 6 años de estudio.

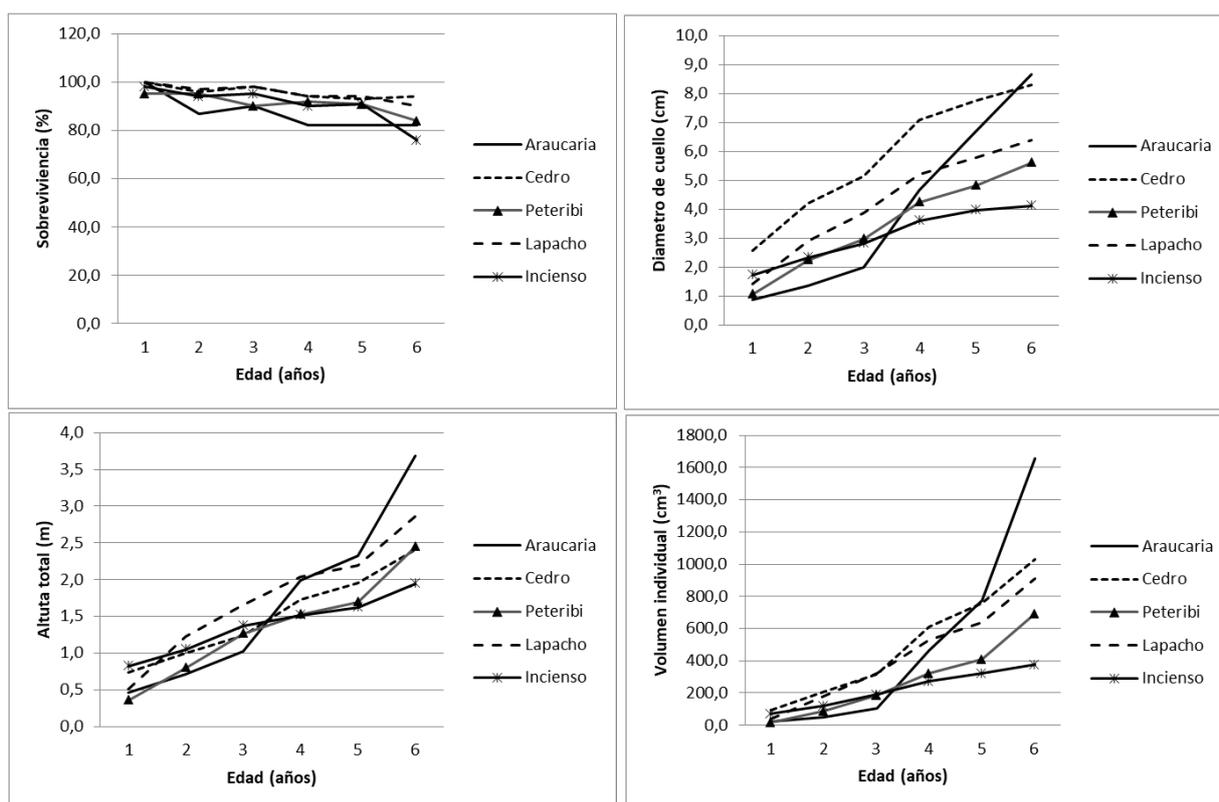


Gráfico 1. Sobrevivencia y crecimiento de 5 especies nativas en el NE de Corrientes.

En el Gráfico 1 se puede apreciar como las especies superaron el 76% de sobrevivencia a los 6 años. El cedro y el lapacho presentaron valores superiores de sobrevivencia y volumen individual durante los primeros años. Los resultados de este estudio, publicados por De La Reta et al. (2015) durante el primer año, indicaron que el pino Paraná presentó problemas de sobrevivencia y desarrollo inicial. Sin embargo, superado el establecimiento, la especie mostró valores aceptables de sobrevivencia para el logro de una forestación. En algunas ocasiones se observaron plantas que rebrotaron, persistiendo en el lugar y retomando el crecimiento. Es posible que el crecimiento inicial de la araucaria se hubiera visto favorecido con aplicaciones de fertilizantes fosforados (Martirena et al., 2002).



En cuanto al crecimiento en DAC se observa una tendencia clara de desarrollo en 4 especies, posicionándose el Cedro en primer lugar en este grupo, seguido del lapacho, el peteribí y el incienso respectivamente. El pino Paraná mostró una respuesta sorprendente a partir del tercer año, momento a partir del cual aumentó su tasa de crecimiento hasta obtener el mayor valor a los 6 años de edad (8,7 cm).

Durante el período, en altura total el lapacho lideró el ranking de las 4 especies (lapacho, cedro, peteribí e incienso) con una mejoría en la tasa de crecimiento en altura del peteribí en el último año. La araucaria mostró mayores crecimientos a partir del tercer año hasta superar a las otras especies a los 6 años. Si bien el cedro y el lapacho muestran volúmenes superiores al peteribí, su forma se presenta con mayores problemas pudiendo alterar la calidad del fuste y consecuentemente el aprovechamiento industrial a futuro. Un seguimiento del crecimiento y la forma del fuste en el tiempo permitirá indicar la conveniencia o no de la plantación de estas especies con fines comerciales.

A nivel sanitario, se determinó que el cedro fue la especie más afectada. Se observaron plantas con el ápice caulinar dañado y tallo perforado. Del Castillo y Tapia (2015) manifiestan que el cultivo se ve afectado en Sudamérica por el barrenador de los cedros desde el establecimiento de las plantaciones y provocando pérdidas considerables. El ataque de *Hypsipyla grandella* Zéller (Lepidoptera, Pyralidae), plaga de los géneros *Cedrela* y *Swietenia*, impide el aprovechamiento de su potencial productivo, pudiendo hacer fracasar el establecimiento de las plantaciones comerciales (Macías, 2001).

Cuadro 1. Comparación de las medias (Test de Tukey) de altura total, diámetro a la altura del cuello, volumen individual, y forma a los 6 años de edad obtenidas para cada especie en estudio

Especies	Altura (m)	DAC (cm)	Vol. (cm ³)	S (%)	F (1-4)
Araucaria (<i>A. angustifolia</i>)	3,7 A*	8,7 A	1657,9 A	82	1,9 A
Cedro misionero (<i>C. fissilis</i>)	2,4 B	8,2 A	1030,6 A	B 94	2,6 B C
Peteribí (<i>C. trichotoma</i>)	2,5 B	5,6 A B	691,0	B 84	2,2 A B
Lapacho (<i>H. heptaphyllus</i>)	2,8 A B	6,3 A B	908,5 A	B 90	3,0 C
Incienso (<i>M. frondosus</i>)	1,8 B	3,9 B	378,1	B 76	3,0 C

*Medias con la misma letra no difieren significativamente por el test de Tukey ($p < 0,05$).

En el Cuadro 1 se observa que, a los seis años de edad, el pino Paraná presentó los mejores resultados en desarrollo y forma, siendo la especie que demuestra un mayor potencial para el logro de plantaciones en macizo. El cedro presentó un buen crecimiento en volumen sin embargo, su sanidad y forma del fuste se vieron afectadas por la mariposita del brote. El peteribí presentó una buena forma y un desarrollo intermedio, siendo otra especie con un interesante potencial para forestaciones en macizos a cielo abierto. El lapacho y el incienso presentaron un desarrollo medio a inferior y problemas de forma con relación a las otras especies estudiadas. La araucaria y el peteribí o loro negro han sido identificadas como especies nativas de interés forestal, se han realizado diversos estudios en la provincia de Misiones en los cuales se destacan las respuestas a diversos tratamientos silviculturales. (Salto y Lupi, 2019). En el Gráfico 2 se pueden apreciar las especies *Araucaria angustifolia* y *Cordia trichotoma* a los 6 años de edad con un poda de ramas basales y muy buena forma de los individuos en las parcelas de estudio.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con la realización del presente trabajo, permiten concluir que:

- Las especies nativas estudiadas se encuentran con una adecuada sobrevivencia y desarrollo, cumpliendo con el primer propósito de conservación ex situ.
- La especie que presenta los mejores resultados de desarrollo y forma es *Araucaria angustifolia* siendo una especie potencial para uso comercial en estos sitios.
- El peteribí presenta un crecimiento intermedio entre las especies, con buena sanidad y rectitud de fuste siendo una especie potencial para futuros estudios.
- Las conclusiones a nivel de especies son una aproximación debido a que la evaluación es a edades tempranas y por la poca representación de orígenes de las especies.



Gráfico 2. Ejemplares de *Araucaria angustifolia* (A) y *Cordia trichotoma* (B) a los 6 años de edad.

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos Nicolás Zábalo y Carlos Zschach por su colaboración en las mediciones y podas. A la empresa Forestal Bosques del Plata S.A. por el soporte brindado en la viverización de los plantines.

5. LITERATURA CITADA

- CALDATO, S. L.; PEZZUTTI, R. V. 2010. Estructura poblacional de *Myrocarpus frondosus* Allemao en un bosque en galería de la Selva Paranaense en Misiones, Argentina. *Ciencia Forestal* 20(3): 411-418.
- DE LA RETA, L. et al. 2015. Supervivencia y crecimiento inicial de 5 especies nativas *Handroanthus heptaphyllus* Vell. Mattos; *Cedrela fissilis* Vell.; *Cordia trichotoma* Vell. Arráb. Ex Steud; *Araucaria angustifolia* Bertol. Kuntze; *Myrocarpus frondosus* Allemao, en el NE de Corrientes. XXIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. INTA, AIANER. Concordia. 5 p.
- EIBL, B. & LÓPEZ, M. 2017. Biodiversidad arbórea para la producción, la restauración y la conservación en la provincia de Misiones, Argentina. TSN N°3. 9 p.
- CRECHI, E., HENNIG, A., KELLER, A., HAMPEL, H., DOMEQ, C., & EIBL, B. 2010. Crecimiento de 3 especies latifoliadas nativas a cielo abierto y bajo dosel de Pino hasta los 12 años de edad, en Misiones Argentina (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel, *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.). 8 p.
- DEL CASTILLO, E. & TAPIA, S. 2015. El barrenador de los brotes: *Hypsipyla grandella* Zeller, en plantaciones de importancia Foresto industrial en el NOA. Página web: <http://inta.gob.ar/documentos/el-barrenador-de-los-brotes-hypsipyla-grandella-zeller-en-plantaciones-de-importancia-forestoindustrial-en-el-noa....pdf>. 7 p.
- MACÍAS, J., & HILJE, L. 2001. Plagas forestales neotropicales. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. 61. P. 85-86.
- MARTIARENA, R.; FERNÁNDEZ, R.; PAHR, N.; LUPI, A. 2002. Fertilización y crecimiento de *Araucaria angustifolia* en misiones, Argentina. 9^{nas} Jornadas Técnicas Forestales. Eldorado, Misiones. 7p.
- MOSCOVICH, F.; DUMMEL, C.; PINAZO, M.; KNEBEL, O. & ALCARAZ, R. 2010. Caracterización fitosociológica de una porción de bosque nativo misionero secundario, con intervención antrópica. *Quebracho* 18(1-2): 24-36.
- PEZZUTTI, R. V., et al. 2013. Apuntes de la cátedra de Dasonomía. Universidad del Salvador. Gdor. Virasoro. Corrientes. S/N.
- SALTO, C. & LUPI, A. 2019. Avances en el conocimiento y tecnologías productivas de especies arbóreas nativas de Argentina. Ediciones INTA, Buenos Aires. 78 p.
- SCDB, (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica), 2010. Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3. Montreal. 94 p.
- VEGA LÓPEZ, E. 2009. Importancia económica de las Áreas Naturales. *Bosque* vol. 54. México. 114.



VARIABILIDAD ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO EN RELACIÓN CON SU PRODUCCIÓN EN FORESTACIONES DE *Prosopis alba*

Gladys M. VICENTINI¹, Víctor R. PEREZ¹, María C. CAÑETE¹

RESUMEN

La producción forestal de *Prosopis alba* representada por el crecimiento en altura y diámetro de los árboles, fue distinta en los diferentes predios forestados. Las plantaciones respondieron a las condiciones de sitio, la región presenta igual clima pero tiene diferencias en relieve y tipos de suelos. A través del análisis de componentes principales, utilizando como indicador la altura dominante, fueron determinados los primeros componentes principales que explicaron el 85% de la variabilidad de los sitios. Ello permitió caracterizar los sitios forestados de acuerdo a las variables edáficas y fisiográficas, reducir la matriz de datos originales y lograr un ajuste de modelo de regresión para estimar la altura dominante de *Prosopis alba* en la región. El estudio mostró en los primeros dos componentes la mayor variabilidad de los suelos, juntos explicaron el 44% de la varianza acumulada. El primer componente estuvo formado por características físicas como la textura (arcilla superficial= 36% y subsuperficial= 37%), biológicas (profundidad efectiva= -31%), químicas (materia orgánica =34%) y fisiográficas (drenaje= -36%, altitud = -31%). En el segundo componente principal, la textura de los horizontes subsuperficiales (arena =29% y limo = -36%) y en los superficiales, la densidad aparente (DAP=25%) y el contenido de calcio (Ca =-31%).

Palabras claves: *Productividad, sitios, forestaciones, Prosopis alba*

1. INTRODUCCIÓN

La participación del sector forestal en la producción de la provincia de Formosa, incluye la producción derivada del aprovechamiento de bosques (naturales y plantados), la reforestación y productos derivados. La especie forestal *Prosopis alba* (algarrobo blanco) es considerada como una especie de alto valor económico y social. *Prosopis alba* favorece la biodiversidad, produce fruto de alto contenido proteico y energético (para animales y humanos) y madera (para postes, varillas, leña, carbón). La madera se destina a muebles macizos de estilo rústico y refinado, pisos de parquet y aberturas. El mercado ha valorizado notablemente su madera, por su estabilidad volumétrica, por su alta resistencia a la torsión y la contracción.

En la región noreste de la provincia de Formosa, se encuentran concentrados un gran número de productores con forestaciones de *Prosopis alba*. La región presenta iguales condiciones climáticas pero tiene diferencias en relieve y tipos de suelos. Presenta además, diferencias en crecimiento en altura y diámetro de los árboles. Debido a la importancia económica y social que reviste el cultivo de la especie para la región, se hizo necesario conocer el potencial productivo de los diferentes sitios en los que actualmente se desarrollan y pueden desarrollarse las plantaciones con algarrobo.

Las propiedades físicas y químicas del suelo presentan variaciones espaciales, debido a los cambios del material parental y la situación del suelo en el paisaje. La evaluación de la variación espacial de las propiedades de los suelos forestados es un importante requisito para una mejor comprensión de su producción en términos de crecimiento de los árboles individuales, como para la predicción del crecimiento de los árboles en la gestión de futuras forestaciones.

La calidad de los sitios expresada en término de crecimiento de los árboles, refieren a la capacidad productiva del lugar, habitualmente indica el rendimiento en madera producida por la masa forestal a una determinada edad.

¹ Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa. Correo: gladysvicentini@hotmail.com



Identificar las relaciones existentes entre la variabilidad de la producción del algarrobo blanco y las propiedades de los suelos, nos puede permitir obtener información básica con orientación hacia una silvicultura de precisión, mejorar su manejo y producción (Delgado et al., 2003).

El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad de los sitios forestados que permitan explicar la variabilidad del crecimiento en las plantaciones forestales de *Prosopis alba* relacionada con las propiedades de los suelos.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Los sitios de ensayo se encuentran ubicados en ambientes representativos de la región. En cada uno de ellos se cumplimentaron trabajos correspondientes a valorar su biomasa y determinar las propiedades de los suelos. En cada sitio se establecieron parcelas de monitoreo permanente, de forma rectangular y una superficie de 1000 m².

La valoración de la biomasa se realizó a través de indicadores silviculturales como altura y diámetro de los árboles dominantes. En cada parcela se llevó a cabo la medición de 10 individuos de mayor diámetro. De esta manera las medias del diámetro y altura de los árboles en cada parcela de monitoreo permanente, resultaron de promediar los registros individuales de un número equivalente a 100 árboles/ha.

La variabilidad espacial de las propiedades del suelo fue analizada en cada uno de los sitios de ensayo, a dos profundidades, superficial (0-25 cm) y subsuperficial (25-50 cm). Se realizaron descripciones morfológicas del perfil del suelo y se determinaron sus propiedades físicas (textura, densidad aparente), químicas (pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, Ca, Mg, Na y K). Datos fisiográficos: altitud o cota del sitio, posición topográfica (loma, media loma alta, media loma baja) y drenaje (Gerding y Schlatter, 1995).

El estudio del crecimiento de *Prosopis alba* comprende un análisis multivariado de componentes principales, luego un análisis de regresión múltiple de componentes principales (Acosta et al., 2005).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos en la región mostraron una dimensión espacial representada por un mosaico de formas y características particulares del chaco húmedo. Son superficiales en las áreas de los interfluvios deprimidos y profundos en los albardones formados de depósitos aluviales del río Pilcomayo y riachos presentes en la zona. Presentan texturas franco-limosas, franco-arenosas en la loma y textura arcillosa en las zonas bajas situadas entre los cursos fluviales.

Se evaluaron 24 sitios forestados representativos de las diferentes respuestas de las plantaciones de *Prosopis alba* a las condiciones del sitio. La evaluación del crecimiento a través de un importante número de variables edáficas y fisiográficas relevadas, se realizó mediante el análisis de componentes principales que resumen la mayor parte de la variabilidad (Acosta et al., 2005).

Cuadro 1. Valor propio, varianza explicada y varianza acumulada por componente

Componente	Valor Propio	Varianza Explicada	Varianza acumulada
CP1	5,88	0,25	0,25
CP2	4,62	0,19	0,44
CP3	3,27	0,14	0,57
CP4	2,08	0,09	0,66
CP5	1,78	0,07	0,73
CP6	1,65	0,07	0,8
CP7	1	0,04	0,85

CP = Componente principal

La extracción de los componentes principales, en base al cálculo de los valores y vectores propios en el análisis de componentes principales, permitió reducir el número de variables que ejercen mayor influencia sobre el comportamiento del suelo, a un número menor de nuevas variables o componentes principales que resumen la mayor parte de la variabilidad. (Acosta et al., 2005).



Se seleccionaron siete componentes principales para cada uno de los sitios, en base al criterio propuesto de incluir solo aquellos componentes con valores propios que sean superiores al promedio, es decir los que muestran un valor propio mayor o igual a uno. El Cuadro 1 muestra los primeros siete componentes principales, quienes tienen un porcentaje de varianza explicada igual al 85%.

Fueron obtenidas las correlaciones o pesos de las variables evaluadas con cada componente, el primer componente siempre es el que tiene la mayor varianza explicada, en consecuencia su identificación y análisis significó de gran ayuda a la hora de interpretar los resultados (Cuadro 2).

Cuadro 2. Vectores de combinación de variables para cada componente, según análisis de componentes principales

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
Arena Sup	-0,17	0,37	0,09	-0,01	-0,03	0,15	0,13
Limo Sup	-0,30	-0,15	-0,12	0,11	0,20	-0,11	-0,34
Arcilla Sup	0,36	-0,16	0,03	-0,08	-0,13	-0,02	0,16
Arena Sub	-0,25	0,29	-0,01	0,07	-0,15	-0,08	0,30
Limo Sub	-0,09	-0,36	0,07	1,3E-03	0,18	-0,11	-0,41
Arcilla Sub	0,37	-0,01	-0,05	-0,08	0,01	0,20	0,03
Dap Sup	-0,09	0,25	0,21	0,25	-0,08	4,7E-03	-0,41
Dap Sub	-0,02	0,13	0,24	0,14	-0,42	-0,26	-0,26
Esp Hor Sup	-0,18	-0,16	0,10	-0,26	-0,31	0,28	0,06
Esp Hor Sub	-0,03	-0,24	0,20	-0,03	0,21	0,46	0,02
MO	0,34	-0,13	0,09	-0,03	0,09	0,03	-0,08
CE Sup	-3,6E-03	0,05	0,49	-0,18	-0,07	-0,03	0,05
CE Sub	0,03	0,21	0,36	-0,28	-0,02	-0,01	-0,03
pH Sup	-0,27	0,08	0,32	-0,10	0,19	0,03	-0,04
pH Sub	0,03	0,04	0,28	-0,23	0,53	-0,14	0,06
PSI Sup	-0,02	-0,13	0,12	0,48	-0,07	0,27	-4,9E-03
PSI Sub	-0,03	0,05	0,04	0,38	0,36	-0,32	0,44
Ca Sup	0,03	-0,31	0,25	0,13	-0,10	-0,16	0,04
Mg Sup	0,08	-0,27	0,28	0,09	-0,11	-0,36	0,11
K Sup	-0,01	-0,17	-0,13	-0,29	-0,22	-0,39	0,07
Na Sup	-0,04	-0,20	0,26	0,29	-0,16	0,19	0,26
Prof. Efect	-0,31	-0,22	-0,01	-0,22	-0,06	0,06	0,15
Drenaje	-0,36	-0,14	-0,05	-0,14	-0,02	-0,03	0,11
Altitud	-0,31	-0,22	-0,11	0,06	-0,04	-4E-03	0,10

DAP: densidad aparente; MO: materia orgánica; CE: Conductividad eléctrica, PSI: porcentaje de sodio intercambio; Prof.Efect: profundidad efectiva; Cationes: Ca= calcio; Mg: magnesio; K: potasio; Na: sodio.

Las componentes principales permitieron comprender mejor la estructura de correlación existente entre las variables, establecer hipótesis sobre la interrelación existente entre las mismas y la respuesta evaluada como crecimiento de los árboles dominantes (Acosta et al., 2005).

Se ajustó un modelo de regresión lineal múltiple empleando como regresoras las siete componentes principales determinadas en el análisis y como variable dependiente la HTdom relevada en cada una de las parcelas de monitoreo permanente, a la edad de 9 años.

El método de eliminación *backward* permitió el ajuste de una regresión que explica el 70% de la variación del crecimiento de *Prosopis alba* en la región, con dos regresoras retenidas en el modelo, la CP1 y CP2 (Cuadro 3).

**Cuadro3.** Regresión lineal múltiple

Variable : HTdom		N=24		
Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	7,64167	0,12	61,75	0,0000
CP1	0,332213	0,05	6,37	0,0000
CP2	-0,226251	0,06	-3,85	0,0009

$$R^2 = 73 \% \text{ por ciento; } R^2 (aj) = 70\%$$

El resultado de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre HTdom y las 7 CP, variables independientes, fue:

$$HTdom = 7,64167 + 0,332214*CP1 - 0,226251*CP2$$

En el análisis de componentes principales, aun cuando el valor propio es mayor a 1, la varianza explicada para el tercero al séptimo componente es menor que 14%. Los resultados de la regresión lineal múltiple, ayudaron a interpretar de manera más sencilla el crecimiento en altura con los dos primeros componentes.

El primer componente principal presenta los mayores pesos y expresa la mayor variabilidad del crecimiento de los árboles en los sitios de ensayo. Presenta como variables edáficas más correlacionadas, el contenido de arcilla en los horizontes superficiales (36%) como en los horizontes subsuperficiales (37%) y con alto contenido de materia orgánica (34%). Estas propiedades se contraponen con la profundidad efectiva (-31%), drenaje (-36%) y altitud (-31%). Los suelos con predominio de arcilla, tanto en los horizontes superficiales como subsuperficiales, se encuentran en los interfluvios deprimidos de relieve subnormal, posición topográfica de media loma baja, sufren anegamientos periódicos. Presentan drenaje pobre, horizonte superficial (horizonte A) con alto contenido de materia orgánica, pero de poco espesor, son suelos someros. Estos suelos presentaron los menores crecimientos de *Prosopis alba*. En oposición a estas características, se encuentran los suelos con buena profundidad efectiva, bien drenados, de relieve normal, ubicados en posición de loma (albardones) y medias lomas altas, representan a los suelos donde la especie tuvo mayor crecimiento. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en la provincia de Chaco (López et al., 2014).

En segundo componente principal provee nueva información sobre la variabilidad no explicada por la CP1. Se refiere al contenido de arena en la textura, en los horizontes superficiales (37%) y subsuperficiales (29%) y la densidad aparente (25%). Estas características se contraponen con los suelos con predominio de limo subsuperficial (-36%) y el contenido de calcio (Ca, -31%). Los mayores crecimientos de *Prosopis alba* pueden presentar horizontes franco limosos y franco arenosos en profundidad, como también franco limosos en todo el perfil.

El crecimiento en altura de los árboles desmejoró a medida que se pasó de los suelos francos limosos o arenosos a los arcillosos. A su vez, los suelos arcillosos presentaron elevadas concentraciones de carbono orgánico, generalmente superiores a los suelos bien drenados pero sus horizontes orgánicos fueron someros. En los suelos arcillosos el agua infiltra muy lentamente, por lo que sufren anegamientos de acuerdo a la intensidad de las precipitaciones; la descomposición de la materia orgánica se produce mucho más lentamente que cuando el oxígeno es abundante; por ello, los suelos mojados, anaeróbicos, tienden a acumular la materia orgánica parcialmente descompuesta.

El gradiente loma → media loma → media loma baja en la región, se encuentra representado por: i) una disminución de la profundidad efectiva, ii) una disminución en el drenaje, iii) un aumento en el contenido de arcilla tanto en el horizonte A como en los subsuperficiales (Placci y Holz, 2005).

Las características de calidad de sitio óptimas para *Prosopis alba* están relacionadas con las variables edáficas y fisiográficas que refieren a suelos profundos, bien drenados, de textura franca, franco-limosos, franco-arenosos, franco-arcillosos, de relieve normal (López et al., 2014).



4. CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad de sitio con base en los factores edáficos y fisiográficos, permitió explicar la variación del crecimiento en altura de *Prosopis alba*, como una alternativa metodológica para identificar las variables más importantes a considerar en nuevas unidades productivas, sitios donde no existan referencias directas.

El análisis de componentes principales permitió disponer de un menor número de variables, siete componentes principales que explicaron el 85% de la variación del crecimiento en altura, donde las dos primeras componentes tuvieron el mayor peso y ayudaron a interpretar de manera más sencilla la variabilidad del crecimiento de las plantaciones en los diferentes sitios de ensayo.

La mejor calidad de sitio para el cultivo de *Prosopis alba* están relacionadas con variables edáficas y fisiográficas que refieren a suelos profundos, bien drenados, de textura francas, franco limosos, franco arenosos, franco arcillosos, de relieve normal.

Los suelos con predominio de arcilla, en los horizontes superficiales y subsuperficiales, alto contenido de materia orgánica en el horizonte A, someros, de relieve subnormal presentaron los menores crecimientos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, B.; MÀRQUEZ, O.; MORA, E.; GARCÍA, V.; HERNÁNDEZ, R. 2005. Uso del Método de Análisis de Componentes Principales para la Evaluación de la Relación Suelo Productividad en *Eucalyptus* sp. Estado Portuguesa-Venezuela. Rev. Forestal Latinoamericana N° 37.
- DE LAS SALAS, G. 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales. San José. IICA. Costa Rica. 447 p.
- 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.
- LOPEZ, A. E.; KEES, S. M.; ZURITA, J. J.; BREST, E.; ROLDAN, M. F. 2014. Evaluación de forestaciones con algarrobo blanco frente a diferentes condiciones edáficas en la provincia del Chaco. Taller de Establecimiento de plantaciones de algarrobo blanco. Resistencia. Chaco.
- PLACCI, G.; HOLZ, S. 2005. Patrón de paisaje de bosques del Chaco Oriental, Fundación Vida Silvestre Argentina. Departamento de Ecología, Genética y Evolución; FCEyN, UBA.
- GERDING, V.; SCHLATTER, J. 1995. Variables y factores del sitio de importancia para la productividad de *Pinus radiata* D. Don en Chile. BOSQUE 16(2): 39-56.

Adhesión de:

**San Martín 201
Capital Federal
Tel 011 43946882
011 43946404**

SAENZ VALIENTE HNOS. S.A.

***Estancia “Los Monigotes”
Agropecuaria - Forestal***

**UBAJAY - Depto. COLON - E.R.
Tel. Fax 0345 4905000
losmonigotes@saenzvalientehnos.com.ar**

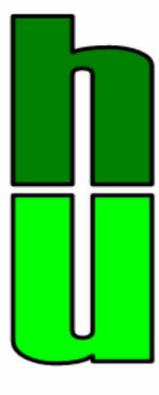


PINOS VERDES S.A.

CAMPOS: CONCORDIA - ENTRE RÍOS
ITATI - CORRIENTES

ADMINISTRACION: CORRIENTES 545 - 10°P.
CONTRAFRENTE (1043) BUENOS AIRES

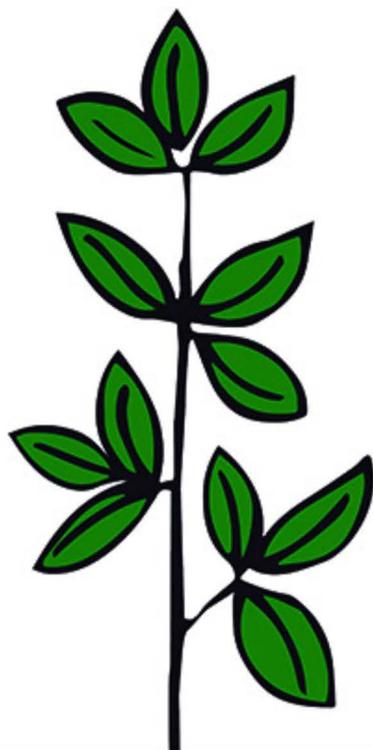
TEL: (011) 43229678
(011) 43283843



Beyga
Humaitá
sa

” Una empresa forestal comprometida
con el sector y la región”

Oficina Concordia: Urquiza 486 - Tel (0345) 4225324



PAUL
FORESTAL

PLANTINES DE PEDIGREE

www.paulforestal.com.ar

0345 490-5118

EQUIPOS PARA CONTROL DE INCENDIOS

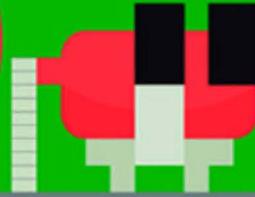
MANGUERA DE 60 METROS

permite alcanzar cómodamente nuestro objetivo.



MOTOBOMBA DE ALTA PRESION

que puede trabajar con un caudal reducido para un mejor aprovechamiento del agua.



Puede colocarse sobre cualquier camioneta

1 SOLO OPERARIO PUEDE MANEJAR LA APERTURA DEL AGUA DESDE LA PUNTA DE LANZA

PAUL FORESTAL 

www.paulforestal.com.ar

0345 490-5118



Diseño y armado de Pallets de uso interno/exportación

Maderas para construcción - Tablas
Tirantes - Machimbres - Deck

Teléfono: (0345) 156-250-666
Web: www.aserraderoloscipreses.com
Mail: loscipreses@argentina.com
Facebook: Aserradero Los Cipreses



MADERAS & VIVIENDAS

DE JORGE G. RIGONI

CALIDAD Y CONFIANZA EN NUESTROS PRODUCTOS

TEL: (03456) 481-696 - CEL: (3456) - 622134

email: cdrmaderas@gmail.com

PARQUE INDUSTRIAL - CALLE 3 S/N - FEDERACIÓN E.R.



Ing. Agustín Chiarello
achiarello@sinersa.com
+54 9 345 5200290

Ing. Rodrigo Garat
rgarat@sinersa.com
+54 9 345 6024764

Av. Pte. J.D. Perón 3800
Concordia E.R.



CoFRU
Consortio Forestal Río Uruguay

Yuquerí Maderas

Tel. (0345) 429 0127
(0345) 156 260827

Ruta 14 - Km 254 - Villa Adela
Concordia - Entre Ríos

TODO EN
SALIGNA

TROZAN Maderas
S.R.L.

MADERAS PARA SOMMIERS • MACHIMBRES
DECK • FLEJES • TABLAS • TIRANTES

Tel. +54 (03456) 482 382 / Cel. 15 455662
Mail. trozanmaderas.srl@hotmail.com
Antonio Ferrando s/n, Parque Industrial

FEDERACIÓN, ENTRE RÍOS (AR)

www.trozanmaderas.com


maringa maderas


YVY PORÄ
CONSULTORA AGROFORESTAL

Administración,
asesoramiento y
dirección técnica.

Análisis de inversión,
apoyado en estudios
por ambientes.

Subsidios forestales,
con gestión hasta
el cobro.

Inventarios y
cubicaciones.

Comercialización.

Ing. Agr. Priscila Arbelo Godina

MP 18/704 COPAER/CPIAC

  YvyPoraAgroforestal

 3774-442756



BIODIVERSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL EN PLANTACIÓN DE *Prosopis alba* Griseb. DE LA PROVINCIA DE FORMOSA

Carla RODRIGUEZ¹, Víctor PEREZ¹

RESUMEN

El objetivo del estudio, realizado en plantación de algarrobo blanco cercano al bosque nativo, fue cuantificar y caracterizar la dinámica de la regeneración natural de especies perennes que ingresaron a la forestación. Se recogieron muestras de la plantación y del bosque nativo de tres categorías de tamaños de plantas, evaluándose la abundancia y diversidad alfa a partir de los índices de Margalef, dominancia de Simpson y equitatividad de Shannon, y la diversidad beta a partir del coeficiente de similitud y disimilitud. También se estudió la variación dentro de cada categoría de tamaño a fin de interpretar la dinámica de la regeneración luego de instalada la plantación. Resultados: 1) Regeneración en plantación: 13 especies, 14.707 plantas ha⁻¹, 0,37 índice de dominancia, 1,25 índice de Margalef. 2) Regeneración en bosque nativo: 12 especies, 24.333 plantas ha⁻¹, 0,16 índice de dominancia, 1,09 índice de Margalef. El índice de similitud entre las dos áreas de estudio, según Cociente de Sorensen, fue de 72 evidenciando una alta coincidencia en la composición específica. Gran parte de las especies presentes en la forestación se explican por la cercanía al bosque nativo, siendo los animales silvestres los principales agentes de diseminación, en especial las aves a través de la zoocoria.

Palabras clave: *competencia, dinámica, sucesión, índice de biodiversidad*

1. INTRODUCCIÓN

En un contexto en el que la presión sobre los bosques nativos avanza, el reemplazo de estos para otros usos productivos implica cambios en los procesos ecológicos a escala local y del paisaje (Loumeto y Bernhard-Reversat, 2001). A diferencia de los cambios de uso de suelo destinados a la agricultura y ganadería, las plantaciones pueden disminuir dicha presión al proveer productos madereros de manera más eficiente (Lindenmayer et al., 2003). Las plantaciones también pueden brindar hábitat adecuados para diferentes especies animales (Nájera y Simonetti, 2006) pudiendo amortiguar efectos de borde y brindar funciones de conectividad entre remanentes de bosques nativos (Brockhoff et al., 2003). De esta manera, las forestaciones podrían contribuir con la conservación de la diversidad y las funciones ecológicas a nivel del paisaje.

Debido a que el ingreso espontáneo de árboles nativos en las plantaciones representa un proceso altamente dinámico, resulta esperable encontrar diferentes patrones de composición y riqueza al analizar individuos de diferentes tamaños (Ritter, 2017), generando nuevas condiciones de microclima, las cuales permiten que las plántulas de diferentes especies de leñosas y suculentas puedan establecerse en sus respectivas comunidades (Arriaga et al., 1993), lo cual no sería posible en suelo desnudo. Esto se conoce como el síndrome nodriza y se trata de una forma de facilitación, entendiéndose por tal el efecto positivo de una especie o cierto tipo de vegetación sobre el crecimiento, supervivencia y desarrollo de otra(s) especie(s), en comparación con unas condiciones existentes en el ambiente exterior. De allí, es que la siembra de especies facilitadoras o nodrizas resulta una estrategia valiosa para mitigar la degradación de los ecosistemas.

Villagra (2000) afirma que las plantas componentes del género *Prosopis* generan heterogeneidad espacial que modifica la distribución espacial de especies de los estratos arbustivos y herbáceos, alterando las condiciones ambientales en su área de influencia, las que resultan favorables para múltiples especies vegetales y animales.

¹ Cátedra de Silvicultura. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa. Correo charlier023@gmail.com



La falta de conocimiento respecto de la regeneración natural en plantaciones de algarrobo blanco se plantea como problemática en el presente trabajo, buscándose conocer a través de un análisis exploratorio el impacto de las actividades silvícolas en el ecosistema forestal, estudiando las relaciones ecológicas entre el medio y la plantación a partir del ingreso al sitio de plantas perennes (especialmente leñosas) como reclutas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de caso se desarrolló en una forestación ubicada en adyacencia de la Ruta Provincial N.º 3, en el departamento Pilagás, provincia de Formosa (Argentina), la cual no tuvo ningún tratamiento silvícola intermedio. La distribución espacial de las estaciones de muestreo fue sistemática, con una equidistancia de 50 m. Las unidades de muestreo consistieron en parcelas rectangulares concéntricas para diferentes categorías de tamaño de regeneración natural: Categoría I, 5 subparcelas de 5 m² para plantas perennes mayores a 50 cm de altura y con diámetro a la altura del pecho (DAP) menores a 1 cm; Categoría II, una parcela de 100 m² para plantas perennes de 1 a 5 cm de DAP y Categoría III una parcela de 300 m² para plantas perennes de 5 a 10 cm de DAP. Durante el muestreo se determinó la presencia animal mediante registro fotográfico de evidencias y observación directa en las parcelas. Variables cuantitativas discretas registradas: conteo de especies e individuos de cada especie para cada categoría de tamaño de regeneración natural. Si durante el proceso de reconocimiento de especies en la plantación el ejemplar muestreado era identificado por los integrantes de la cuadrilla, se registraba por su nombre vulgar. En caso de no conocerse la especie se procedía a la herborización de hojas, flores y frutos utilizando rótulos simples para el posterior reconocimiento siguiendo la guía elaborada por Cáceres (2014) de la cátedra de Sistemática Forestal (Facultad Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa). Los datos recolectados fueron digitalizados en planilla de cálculo electrónica para su siguiente análisis estadístico en InfoStat (2020) y los índices de biodiversidad se determinaron con el programa PAST (Paleontological STatistics Versión 1.93).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La falta de intervención silvícola originó diversas consecuencias, entre las que se destacó el aspecto exterior de los algarrobos plantados, sin porte forestal, encontrando ejemplares con bifurcaciones inferiores o desde la base, de aspecto tortuoso o porte arbustivo. Se manifestaron abundantes las lianas y enredaderas alrededor de las ramas e incluso de los troncos de los individuos de la plantación, afectando también al sotobosque y a su sanidad. Se identificaron heces de guazuncho (*Mazama gouazoubira*) y aves, junto a pozos de tatú (*Dasypodidae* sp.).

Respecto de los ejemplares del bosque nativo adyacente a la plantación de estudio, con DAP superior a 10 cm, se observó una fuerte presencia de especies como mora amarilla (*Maclura tinctoria*), espina corona (*Gleditsia amorphoides*) y palma caranday (*Copernicia alba*). En menor medida se evidenciaron otras especies como cocú (*Allophylus edullis*), garabato negro (*Senegalia praecox*) y palo piedra (*Diplokeleba floribunda*). De acuerdo a su composición específica y aspectos estructurales, este bosque encontró correspondencia con el tipo forestal de "Bosque en Formación". En el bosque nativo también se encontraron evidencias de la presencia de animales, de manera más frecuente y notoria (huellas, heces y madrigueras en forma de pozos). Se constató abundante lianas, entrelazadas a las copas de los árboles y sobre parte del estrato de regeneración natural.

En el Cuadro 1 se explicitan las especies perennes, mayormente leñosas, identificadas en las áreas de estudio plantación (P) y bosque nativo (BN). En el área de la plantación se estimó un total de 14.707 plantas ha⁻¹ pertenecientes a 13 especies diferentes. Del análisis del índice de dominancia de Simpson, con un valor de 0,37 se evidenció que en el sistema no existe un predominio de alguna especie definida. A su vez, el índice de Shannon, definió también la equidad dentro de la plantación con un valor de 1,52. El índice de riqueza específica (Margalef), útil como instrumento de comparación entre grupos, dio un valor de 1,25.

En la determinación y análisis realizado en forma individual para cada categoría de tamaño se observó que aunque el número de especies no difiere grandemente entre categorías, hay una clara tendencia decreciente desde la Categoría I, primer grupo es el que alberga a las plantas en la fase de



reclutamiento del sistema (13.400 plantas ha⁻¹, ejemplares pequeños) hacia la Categoría III (282 plantas ha⁻¹, ejemplares grandes).

La comparación de los valores de Índice de Margalef efectuada entre las diversas categorías de tamaños confirma que la riqueza de especies varía entre grupos, siendo levemente mayor en la categoría II (con un valor de 1,01) y menor en las categorías de renovales de tamaño I y III (que a su vez tienen valores similares de 0,84 y 0,89 respectivamente). Estas tendencias mantienen similitud a las conclusiones de Ritter (2017) quien expone que la composición de especies se ve afectada por la edad de la plantación en las tres categorías de tamaño, especialmente sobre las de mayores tamaños.

Cuadro 1. Listado de especies de regeneración natural dentro de las áreas de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Área de estudio
Fabáceas	<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb.) Taub.	Espina Corona	BN – P
Moráceas	<i>Maclura tinctoria</i> (L) D.Don ex Steud.	Mora Amarilla	BN – P
Sapindáceas	<i>Diplokeleba floribunda</i> N. E. Br	Palo Piedra	BN – P
Celtidáceas	<i>Celtis tala</i> Gillies ex Planch.	Tala	BN – P
Apocináceas	<i>Tabernaemontana cathariensis</i> A. DC.	Palo Víbora	BN – P
Mirsináceas	<i>Myrsine laetevirens</i> Mez	Canelón	BN – P
Palmáceas	<i>Copernicia alba</i> Morong	Palma Caranday	BN
Euforbiáceas	<i>Sapium haematospermum</i> Müll. Arg.	Lecherón	P
Anacardiáceas	<i>Schinus molle</i> L.	Molle	P
Hipocastanáceas	<i>Allophylus edullis</i> (A.St.-Hill) Radlk. Ex Warm.	Cocú	BN – P
Achatocarpáceas	<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.	Palo Tinta	BN – P
Solanáceas	<i>Solanum argentinum</i> Bitter & Lillo	Cabra Yuyo	BN – P
Apocináceas	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	Ancoche	P
Urticáceas	<i>Urtica dioica</i> L.	Ortiga	P
Ramnales	<i>Zizyphus mistol</i> Griseb.	Mistol	BN
Flacourtiáceas	<i>Casearia sylvestris</i> SW	Burro Caá	BN

Para un estudio más exhaustivo del comportamiento de la regeneración natural y para comprobar la equidad que reflejan los índices anteriormente mencionados, especialmente en la categoría más pequeña de tamaño, se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para conocer si su distribución era diferente entre estaciones separadas a 50 m entre ellas, y entre parcelas dentro de la misma estación de muestreo. El análisis estadístico demostró la existencia de una regeneración natural uniforme en el área de estudio ($p > 0,05$ para las variables número de especies y número de individuos por especie).

En el bosque nativo (BN) adyacente a la plantación se estimó una abundancia de 24.333 plantas ha⁻¹ pertenecientes a 12 especies diferentes (Cuadro 1). El índice de dominancia de Simpson, con un valor de 0,16 demostró que no hubo ningún predominio de especies y, con un índice de Shannon de 1,97 (superior al de la plantación), se mostró que aquí también existe equidad específica dentro de la zona cercana a la plantación.

De la comparación entre las categorías de tamaño se dedujo que el decrecimiento en cantidad de especies de la primera a la tercera categoría de tamaño (Gráfico 1) puede indicar, como lo señaló Ritter (2017) para plantaciones de pino en Misiones, la existencia de un banco de renovales pequeños que por falta de tiempo suficiente o condiciones ambientales poco adecuadas no llegan a desarrollarse y no alcanzan tamaños superiores. Esta observación condujo a pensar que las especies que no llegan a esta categoría son suprimidas por la competencia, debido a que la luz es uno de los principales factores que afecta las posibilidades de establecimiento y crecimiento de los bosques del este y centro de la provincia de Formosa.

La alta similitud de la riqueza de la regeneración natural de la plantación y del bosque nativo adyacente se observa claramente en el Cuadro 1. Esta apreciación se corroboró analíticamente a través del Cociente de Sorensen, cuyos valores oscilan entre 0 y 100, siendo el valor máximo el caso de dos muestras con la misma composición específica. El cociente obtenido en este estudio fue de 72 lo que



conduce a inferir que las especies que se encuentran en estado de regeneración natural en la plantación provienen, en su mayoría, de aporte del bosque nativo lindante.

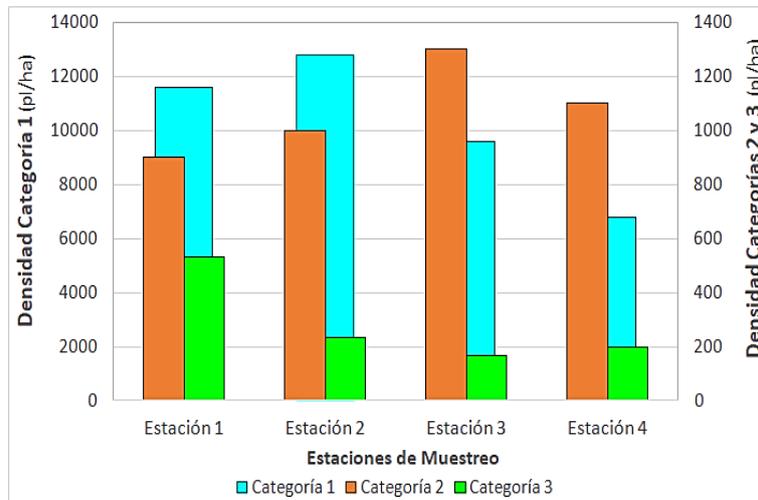


Gráfico 1. Densidad de plantas por estación. .

En general, respecto de la distribución de los ejemplares de las especies se encontraron evidencias que en su dispersión hubo participación de mamíferos como el guazuncho (caso de espina corona) o mediante aves (zoocoria), en especies como la mora amarilla, palo tinta, palo víbora, tala, cabra yuyo y cocú, consideradas especies ornitócoras por Ponce et al. (2012). Esta interacción entre aves y especies leñosas es denominada por Baigorria (2007) como ornitocoria pues supone una relación mutualista entre la planta con frutos y el ave que se alimenta de los mismos.

En el interior de la plantación, en proximidades al bosque nativo estudiado, se observó más concentración de ejemplares de regeneración natural de Categoría III. En este contexto los individuos de mayor tamaño actual correspondieron a las especies cabra yuyo, tala y espina corona, lo que permite suponer que probablemente estas hayan sido las primeras en instalarse. Es posible que bajo el dosel de los algarrobos implantados las condiciones ambientales comenzaran a facilitar el ingreso y reclutamiento de la regeneración natural, una vez que el cultivo haya estado completamente logrado y con un tiempo de “abandono” importante. Esta característica aportaría evidencia a la conclusión formulada por Ritter (2017) en la que plantea que la disponibilidad de bosque nativo en el entorno influye sobre la composición de especies del sotobosque dentro de la plantación.

Las observaciones realizadas sobre los ejemplares encontrados permitieron determinar que la presencia del algarrobo podría resultar beneficioso para los renovales en sus primeras etapas de desarrollo, brindándoles protección de la radiación intensa, condiciones adecuadas de temperatura y humedad, entre otros cambios favorables, como lo expresa Villagra (2000). En la medida en la que la plantación comienza a aumentar en espesura, también revela tener una gran influencia sobre la rectitud de fustes, dimensiones y angulación de ramas y tamaño de las copas de la regeneración natural. Es así que la competencia por la luz influye en el desarrollo de los ejemplares, los cuales crecen rápidamente en altura logrando ramas más delgadas, tal y como puede verse en los fustes de plantaciones con alta densidad inicial. Este tipo de consideraciones morfológicas de la regeneración natural podrían resultar útiles y aplicables en el manejo de los ejemplares del repoblamiento, en proyectos que incluyan estrategias de restauración, enriquecimiento y manejo del bosque nativo.

Por otro lado es conveniente señalar un aspecto negativo observado a nivel de la regeneración natural, que está relacionado con la competencia biológica interespecífica extrema a nivel de micrositos. A medida que el desarrollo de la plantación continúa, aumenta la espesura del algarrobal y también comienzan a tener presencia abundante lianas y enredaderas en toda la forestación, afectando de manera negativa a la regeneración natural de especies leñosas, provocando modificaciones en la forma y la arquitectura de los renovales y reduciendo su crecimiento de modo considerable, pudiendo terminar completamente suprimidos.



Por otro lado, la falta de intervenciones silvícolas que afectaron el ingreso de luz al sistema (debajo del dosel arbóreo implantado) pudo haber afectado la regeneración natural, en correspondencia a lo expuesto por Kremen (2015), citado por Ritter (2017), que manifestó que en plantaciones manejadas adecuadamente podrían lograrse ambientes favorables para la vida silvestre.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones son provisorias dado el carácter de estudio exploratorio realizado. La regeneración natural de especies leñosas en plantación de algarrobo es un proceso posible y en este contexto la persistencia cercana de porciones de bosque nativo es relevante. La determinación de los valores de diversos índices de biodiversidad contribuyó a comprender y contextualizar la riqueza florística de la regeneración natural observada en una plantación de algarrobo, sin tratamientos silvícolas intermedios, y ubicada en un medio rural.

Sobre los procesos de la dinámica del sistema se evidenció la existencia de relaciones entre especies arbóreas y animales, conformando un vínculo de beneficio recíproco. Los animales, en especial las aves, constituyen el medio directo y más frecuente para el flujo de material genético reproductivo desde el exterior hacia el interior de la plantación.

Del análisis de la riqueza específica por categoría de tamaños se concluyó que el reclutamiento de especies puede darse a partir de diversos factores y que esta se distribuye de manera uniforme por toda la forestación pero el crecimiento y desarrollo de los mismos, que posibilita que lleguen a categorías de tamaño más grandes, está relacionado a cuestiones como el ingreso de luz al sotobosque, la competencia intraespecífica e interespecífica y a la sanidad dentro de la forestación. De acuerdo al examen *in situ*, las lianas y enredaderas se constituyen en componentes biológicos que especialmente limitan o perjudican el desarrollo normal de las plantas forestales.

LITERATURA CITADA

- ARRIAGA, L.; MAYA, Y.; DÍAZ, S.; CANCINO, J. 1993. Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous tropical dry forest in northwestern Mexico. *Journal of Vegetation Science* 4: 349-356.
- BAIGORRIA, J. 2007. La interacción de leñosas – aves como condicionante de la composición de los ambientes boscosos en el predio de Santa Catalina (Provincia de Buenos Aires). Tesis de Licenciatura. Dpto Ecología, Genética y Evolución. Facultad Ciencias Exactas y Naturales (UBA).
- BROCKERHOFF, E.G.; ECROYD, C.E.; LECKIEA, A.C.; KIMBERLEY, M.O. 2003. Diversity and succession of adventive and indigenous vascular understorey plants in *Pinus radiata* plantation forests in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 185, 307–326.
- CÁCERES, D. 2014. Sistemática Forestal. Universidad Nacional de Formosa. 1ª ed. ISBN 978-987-1604-26-5.
- INFOSTAT versión 2020. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- LINDENMAYER, D.; HOBBS, R.; SALT, D. 2003. Plantation forests and biodiversity conservation. *Australian Forestry*. Vol 66, 62–66.
- LOUMETO, J.; BERNHARD-REVERSAT, F. 2001. En effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo Savanna: with special reference to *Eucalyptus*. Editor F. Bernhard- Reversat. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. 31-38.
- NÁJERA, A.; SIMONETTI, J.A. 2006. Enhancing avifauna in commercial plantations. *Conservation Biology*. 24 (1), 319–324.
- PONCE, A.; GRILLI, G.; GALETTO, L. 2012. Frugivoría y remoción de frutos ornitócoros en fragmentos del bosque chaqueño de Córdoba (Argentina). *BOSQUE* 33(1): 33-41, 2012.
- RITTER, L. 2017. Regeneración de árboles nativos en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el Norte de Misiones: efectos del manejo a nivel del rodal y el paisaje. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- VILLAGRA, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental. IANIGLA-CRICYT. Mendoza, Argentina.



ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN UNA PARCELA DE SISTEMA SILVOPASTORIL EN EL CHACO CENTRAL PARAGUAYO

Maura Isabel DÍAZ LEZCANO^{1*}, Julio Rafael RIOS ROBLES¹, Cynthia Carolina GAMARRA LEZCANO¹, Higinio MORENO RESQUÍN¹, Mirtha VERA DE ORTIZ¹, Doralicia ZACARÍAS¹

RESUMEN

Esta investigación fue llevada a cabo en una parcela instalada para monitoreo permanente de sistemas silvopastoriles en el Departamento de Boquerón, Chaco Central paraguayo. El objetivo fue estimar el carbono almacenado en una parcela bajo manejo silvopastoril para producción de carne. La metodología consistió en la instalación de una parcela de 100 m x 100 m. Se realizó un censo forestal en donde se tomaron datos del DAP, el diámetro a altura de cuello y la altura total para el componente arbóreo. Se identificaron y extrajeron muestras de pastura para determinar su biomasa y contenido de carbono; así se tomaron muestras de suelos a dos profundidades de 0-10 cm y de 10-30 cm para la determinación del contenido de materia orgánica y carbono. El componente arbóreo estuvo compuesto por 24 individuos en regeneración natural de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) asociada con la pangola (*Digitaria decumbens*). El carbono almacenado en el componente arbóreo fue de 0,06 t ha⁻¹, en el herbáceo de 6,31 t ha⁻¹ y en el suelo de 33,24 t ha⁻¹, totalizando 39,62 t ha⁻¹ de carbono acumulado en el sistema.

Palabras clave: regeneración, biomasa, algarrobo, pangola, suelo

1. INTRODUCCION

Los sistemas silvopastoriles constituyen una forma de uso de la tierra en donde árboles, arbustos, pastos y animales interactúan para diversificar y optimizar la producción en terrenos pequeños de los cuales se obtienen diversos productos como maderas, forrajes, leñas. Estos sistemas tienen un componente arbóreo importante que debe ser considerado para las estimaciones de las reservas de carbono (López, 2010). En este sentido, constituyen una alternativa que permite mejorar la calidad del suelo mediante la combinación de pasturas y árboles, esto también influye en la calidad del ganado.

El sistema silvopastoril además de beneficiar al medio ambiente, aportar materia orgánica al suelo y captar dióxido de carbono (CO₂), también provee de sombra y protección contra heladas al animal. También pueden contribuir a la mitigación del calentamiento global mediante el secuestro y almacenamiento de carbono, ya que las especies arbóreas pueden retener carbono por un tiempo prolongado, principalmente en su madera y el suelo.

Los sistemas de producción son una alternativa para cumplir con el doble propósito de manejar el monte nativo bajo el concepto de perpetuidad y producir alimento tanto para el hombre como para el ganado. En este contexto el Chaco paraguayo posee una superficie apta para la aplicación de sistemas silvopastoriles. Existen numerosos motivos que llevaron a la degradación actual en que se encuentra el monte en el Chaco semiárido. Para revertir esta situación se puede implementar mediante un sistema clausura, un sistema silvopastoril para la producción de pasto (Ríos et al., 2008).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en una finca bajo manejo sustentable de suelos con prácticas de silvopastura desarrolladas en el distrito de Filadelfia en el departamento de Boquerón, ubicado a 470 km de la ciudad

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Autor para correspondencia: maura.diaz@agr.una.py



de Asunción, ubicada entre los paralelos 20°05' y 23°48' latitud sur y 62°40' y 59°20' de longitud al oeste de Greenwich.

Se realizó la caracterización del sistema silvopastoril describiendo el componente animal con la determinación del tipo de manejo y su capacidad de carga.

Se estableció una parcela permanente de 100 x 100 m (10.000 m²) y se realizó un censo forestal registrándose mediciones en DAP, diámetro a altura de cuello y altura total de individuos de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) en regeneración. Fueron calculadas las variables dasométricas de área basal y volumen y se estimó la biomasa total y el carbono almacenado en el componente arbóreo, siguiendo las siguientes fórmulas:

$$G = (\pi * D^2) \div 4$$

Donde:

G = área basal (m²)

$\pi = 3,1416$

DAP = Diámetro a 1,3 m (cm)

$$V_f = G * f * h_f$$

Donde

V_f = volumen del fuste (m³)

G = área basal (m²)

f_f = factor de forma (0,811) para diferentes especies en el Chaco (Quinteros, 2001)

h_f = altura de fuste (m)

Se procedió a la determinación de la biomasa aérea y el carbono almacenado en los árboles. En cuanto a la determinación de la Biomasa Total (BT) del componente arbóreo se procedió a la aplicación de la ecuación alométrica de Sato et al. (2015).

$$BT = 0,0609 * (DAP^2 * altura\ total)^{0,9932}$$

Donde:

BT: Biomasa total.

DAP: Diámetro altura pecho.

Para determinar la biomasa de las pasturas se procedió a identificar los pastos presentes, luego se extrajeron ocho muestras representativas mediante un bastidor de 1 m² y posteriormente fueron secadas en estufa a 65 °C hasta llegar a peso constante; finalmente, se obtuvo el peso seco mediante una báscula.

La biomasa total, tanto arbórea como de la pastura, se multiplicó por 0,5 debido a que la materia seca contiene en promedio un 50 % de carbono almacenado, utilizando la fórmula según el IPCC (2006).

Las variables del suelo evaluadas fueron el contenido de materia orgánica y carbono, para lo cual, se tomaron ocho muestras compuestas, a dos profundidades: de 0-10 cm y de 10-30 cm, totalizando 16 muestras. Se determinó la cantidad de carbono orgánico (CO) y la materia orgánica (MO) de cada muestra mediante el método de Walkley y Black, según Tedesco et al. (1995) utilizando la siguiente fórmula:

$$CO = \% MO \div 1,72$$

Para la determinación el carbono acumulado en el sistema se procedió a sumar todos los depósitos (carbono arbóreo, herbáceo y suelo).



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la parcela

La parcela estudiada estaba destinada a un sistema silvopastoril con fines de producción de carne, bajo un régimen rotativo y asignación variable. Las razas de bovino encontradas en esta parcela fueron Santa Gertrudis, Hereford y Brangus, con una capacidad de carga de 1 unidad ganadera por hectárea, constituida por terneros y vaquillonas.

Se registró un total de 24 individuos constituidos por *Prosopis alba* (algarrobo blanco) en la parcela, con un diámetro promedio de 4,9 cm, registrándose individuos pertenecientes a la categoría de brinzales y latizales con un diámetro de entre 2.4 y 9 cm y altura promedio de 2,5 m no habiendo ningún individuo adulto, con un distanciamiento promedio de 12 metros. Asociada al algarrobo blanco se identificó la pastura *Digitaria decumbens* (pangola).

Carbono en el componente arbóreo

Área basal y volumen de fuste

El área basal de los algarrobos fue de 0,051 m² ha⁻¹ y su volumen de fuste 0,133 m³ ha⁻¹. Estos valores son inferiores a los reportados en otras investigaciones en la zona de estudios considerando que fueron evaluados individuos en regeneración. Gamarra Lezcano (2016) en su estudio de análisis de relación carbono/nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles en el Chaco Central, reportó un área basal de 0,34 m².ha⁻¹ considerando individuos pertenecientes a regeneración y árboles adultos de *Prosopis spp.*

Griffith (2016) realizó un estudio de estimación de contenido de carbono en los tres componentes (arbóreo, pastura y suelo) en el Chaco Central, obtuvo un volumen promedio de 0,438 m³ ha⁻¹ de *Prosopis alba*.

Biomasa arbórea total

La biomasa arbórea total estimada fue un valor de 0,125 t ha⁻¹.

Según Brítez (2015) en una investigación realizada en el Chaco Paraguayo la biomasa acumulada en el sistema integrado de producción fue de 0,07 t ha⁻¹, en tanto que Leguizamón (2016) en su estudio de estimación de contenido de carbono en el Chaco Central, indica un promedio de la biomasa total de 2,3 t ha⁻¹ evaluando individuos pertenecientes a regeneración y árboles adultos de *Prosopis spp.*

Carbono total arbóreo

Para el almacenamiento de carbono en la biomasa se asume que los arboles vivos contiene aproximadamente 50% de carbono. Por tanto, se sugiere usar el factor de 0,5 para transformar la biomasa a carbono (Mack Dicken 1997).

La estimación del carbono en el componente arbóreo del área de estudio fue de 0,06 t C ha⁻¹, valor menor a lo registrado en otros estudios en zona próximas del Chaco Central paraguay.

Leguizamón (2016) en su estudio de estimación de contenido de carbono en el Chaco Central obtuvo un promedio de 2 t ha⁻¹.

Carbono en pastura

La biomasa herbácea total fue de 12,63 t ha⁻¹, donde la cobertura de la pastura fue de 100% del suelo de la parcela, con altura entre 40 y 60 cm. Además se registró la presencia de sorgo forrajero (*Sorghum spp*) de una altura promedio de 2 m. Por su parte, el carbono acumulado en el componente herbáceo fue 6,315 t ha⁻¹, esta estimación es mayor a lo reportado en otras investigaciones en el Chaco Central paraguay.

Leguizamón (2016) en su estudio de estimación de contenido de carbono en el Chaco Central obtuvo valores de biomasa total de 0,61 t ha⁻¹ considerando diversas pasturas como Pangola (*Digitaria decumbens*), Gatton panic (*Panicum maximum cv. Gatton panic*), Buffel (*Cechtrus ciliaris*) y Estrella (*Cynodon nlembuensis*).



Materia orgánica y carbono orgánico del suelo

La densidad aparente promedio fue de 1490 kg m^{-3} y de 1433 kg m^{-3} en las profundidades de 0-10 cm, y de 10-30 cm, respectivamente.

El valor de materia resultó bajo, registrándose la mayor concentración en la capa, de 10 a 30 cm. El contenido de materia orgánica resultó de 1,04%, y 1,38% de 0 a 10 cm y de 10 a 30 m de profundidad respectivamente. El contenido de carbono en la capa de 0-10 cm fue de 0,5% y en la capa de 10-30 cm fue de 0,9%, lo que representa $7,45$ y $25,79 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente.

Considerando el carbono del suelo determinado en la capa de 0 a 30 cm se puede asumir que la superficie en estudio acumula $33,24 \text{ t ha}^{-1}$. Este valor resulta, menor que lo reportado en otras investigaciones en la zona de estudio. Por otra parte, estos resultados son superiores a los obtenidos por Griffith (2016) quien en su investigación de en un sistema silvopastoril con *Prosopis alba* en el Chaco Central determinó 0,72% de materia orgánica en el suelo.

Según Díaz Lezcano et al. (2017) en su investigación de estimación del contenido de carbono en sistemas silvopastoriles de *Prosopis ssp.* en el Chaco Central, el contenido de carbono orgánico estimado en los primeros 30 cm del suelo fue de $34,03 \text{ t ha}^{-1}$, valores semejantes a los del presente estudio.

Carbono acumulado en el sistema silvopastoril

Realizando la sumatoria de todos los depósitos de carbono, considerando el carbono acumulado en los estratos arbóreo ($0,06 \text{ t ha}^{-1}$) y herbáceo ($6,315 \text{ t ha}^{-1}$) y suelos ($33,24 \text{ t ha}^{-1}$), se ha obtenido una almacenamiento de $39,62 \text{ t ha}^{-1}$ de carbono.

Según Díaz Lezcano et al. (2017) en su investigación de estimación del contenido de carbono en sistemas silvopastoriles de *Prosopis ssp.* en el Chaco Central, refiere que el contenido de carbono orgánico estimado en el suelo fuera de la influencia directa de la copa del algarrobo en los primeros 30 cm del suelo fue de $34,03 \text{ t ha}^{-1}$ (0-10 cm: $18,60 \text{ t ha}^{-1}$ y 10-30 cm: $15,43 \text{ t ha}^{-1}$); bajo la influencia de la copa ese valor fue de $44,84 \text{ t ha}^{-1}$ (de 0-10 cm: $24,48 \text{ t ha}^{-1}$ y de 10-30 cm: $20,36 \text{ t ha}^{-1}$).

4. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio de sistema silvopastoril integrado por individuos en regeneración natural de *Prosopis alba* (algarrobo blanco) asociado con *Digitaria decumbens* (pangola) con fines de producción de carne presenta una aproximación que apunta hacia una mayor acumulación de carbono en suelo, totalizando $39,62 \text{ t ha}^{-1}$ de carbono almacenado en el sistema.

5. LITERATURA CITADA

- BRÍTEZ, F.C.N. 2015. Estimación de contenido de carbono en sistema integrado de producción en el Dpto. de Presidentes Hayes, Chaco Paraguayo. San Lorenzo, PY, CIF, FCA. UNA. 80 p.
- DÍAZ L., M.I.; GAMARRA L. C.C.; LEGUIZAMÓN, L.; VERA O., M.; GALEANO, M. P.; CABRERA, S.A. 2017 Estimación del contenido de carbono en sistemas silvopastoriles de *Prosopis spp.* en el Chaco Central
- GAMARRA L., C. 2016. Analisis de la relación carbono/nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco Central. San Lorenzo, PY, CIF, FCA. UNA. 82 p.
- GRIFFITH, M. 2016. Estimación de contenido de Carbono en los tres componentes (arbóreo, pastura y suelo) de un sistema silvopastoril del Chaco Central. San Lorenzo, PY, CIF, FCA. UNA. 68 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) JP .2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en línea). JP, IGES. Volumen 4: Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. Consultado 27 mayo 2017. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>
- LEGUIZAMON, L. 2016. Estimación del contenido de carbono en sistemas silvopastoriles de *Prosopis spp* en el Chaco Central. San Lorenzo, PY, CIF, FCA. UNA. 70 p.



- LÓPEZ, P.J. 2010. Manual de sistemas agroforestales para el desarrollo rural sostenible; agroforestería – silvopastoril – agrosilvopastoril. San Lorenzo, PY FCA, UNA. 56 p.
- MAC DICKEN, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, US, Forest Carbon Monitoring program/ Winrock International Institute for Agricultural Development. 68 p.
- QUINTEROS, M. 2001. Determinación de factor de forma para las principales especies forestales del Chaco. San Lorenzo, PY. CIF/FCA/UNA. 68 p.
- RÍOS, NA; CEJAS, M; MALDONADO, M. 2008. Sistemas productivos en el Chaco semiárido, Argentina (en línea). Quebracho (15). Consultado 18 mar 2017. Disponible en <http://fcf.uns.edu.ar/archivos/quebracho/ne-a04.pdf>
- SATO, T; M. SAITO, D. RAMÍREZ, L. PÉREZ, J. TORIYAMA, Y. MONDA, Y. KIYONO, E. HEREBIA, N. DUBIE, P. DURE, J. RAMÍREZ, J Y M. VERA. 2015. Development of allometric equations for tree biomass in forest ecosystems in Paraguay (en línea). JARQ 49(3):281-291. Consultado 9 mayo 2017. Disponible en https://www.jstage.jst.go.jp/article/jarq/49/3/49_281/_article
- TEDESCO, M., GIANELLO, C., BISSANI, C., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. 1995. Análises do solo, plantas e outros materiais. Departamento de solos. Faculdade de Agronomia.



ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA AÉREA PARA *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger EN BOSQUES NATIVOS DEL ESPINAL ENTRERRIANO*

Silvana M. J. SIONE¹, Silvia G. LEDESMA¹, Leandro J. ROSENBERGER¹, José D. OSZUST¹, Hernán J. ANDRADE CASTAÑEDA², Gabriel O. MACIEL¹ y Marcelo G. WILSON³

RESUMEN

Los bosques nativos proveen servicios ambientales, entre ellos la captura y fijación de CO₂ atmosférico. La biomasa arbórea es un indicador del carbono almacenado en los bosques. El objetivo fue desarrollar modelos alométricos de biomasa para individuos de *Vachellia caven*, en bosques del Espinal entrerriano. En 30 individuos de distintos diámetros se midieron variables dasométricas y se determinó la biomasa aérea total (Bt) y por compartimento (fuste, ramas mayores de 5 cm de diámetro y ramas menores de 5 cm + hojas + flores + frutos) por el método destructivo. Se evaluaron y ajustaron modelos de estimación de biomasa, evaluándose su bondad de ajuste mediante el coeficiente de determinación ajustado, error cuadrático medio de predicción, estadígrafo PRESS, Criterios de Información Akaike y Bayesiano e Índice Furnival. Los mejores modelos se basaron en el diámetro a la altura del pecho (DAP), área de copa (ac) y altura total, siendo el de mayor ajuste: $\ln(Bt) = -1,69 + 1,74 \cdot \ln(DAP) + 0,41 \cdot \ln(ac)$. Los modelos obtenidos presentan alta precisión (R^2 aj. $\geq 0,92$), pudiendo ser aplicados en individuos de *V. caven* que presenten diámetros de 5-25 cm. Estas funciones son útiles para su aplicación en el monitoreo de los depósitos de carbono en bosques nativos del Espinal.

Palabras clave: *reservorio de carbono; especie nativa; Fabácea; funciones de estimación*

1. INTRODUCCIÓN

La captura y fijación de CO₂ atmosférico es uno de los servicios ambientales que proveen los bosques nativos. Gran parte de las reservas forestales de carbono (C) se encuentra en la biomasa aérea de las especies leñosas, por lo que los métodos que estiman el C almacenado se centran en los cambios de existencias de la biomasa de estas especies (IPCC, 2014). La biomasa de las especies leñosas puede ser estimada mediante modelos alométricos obtenidos por medio de análisis de regresión entre datos de biomasa o volumen determinados por el método destructivo, y las variables alométricas colectadas en inventarios forestales (Andrade et al., 2014). Los modelos deben ser específicos para cada especie y cada parte del árbol (Schlegel 2001; Risio Allione et al., 2012).

Los bosques semixerofíticos del Espinal entrerriano están dominados por especies arbóreas de la familia Fabaceae. *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger (espinillo), es una especie nativa característica de estos ecosistemas junto a otras de la misma familia (*Prosopis affinis* Spreng., *Prosopis nigra* Griseb. y *Prosopis alba* Griseb.). El espinillo domina en los renovales, comunidades propias de las etapas sucesionales generadas a partir de la deforestación y posterior abandono de las tierras. Ledesma et al. (2007) determinaron densidades relativas de 14-82% de esta especie en áreas representativas del Espinal entrerriano (Dptos. Federal, La Paz y Paraná), con aportes de 5 a 72,7% al área basal total.

A nivel nacional, son escasos los estudios tendientes a obtener modelos de estimación de biomasa en

* Trabajo realizado en el marco del PID UNER 2182 "Stock de carbono en especies arbóreas nativas del Espinal entrerriano.

¹ Facultad de Cs. Agropecuarias UNER silvana.sione@fca.uner.edu.ar / 0343-4975075 int. 157

² Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima. Grupo de Investigación PROECUT (Colombia).

³ INTA EEA Paraná



especies arbóreas nativas de diferentes ecosistemas boscosos (Gaillard de Benítez et al., 2000 y 2014; Iglesias y Barchuk, 2010; Conti et al., 2008; Risio Allione et al., 2012). A la fecha, no se han generado funciones para *V. caven*. El objetivo de este trabajo fue desarrollar modelos alométricos de biomasa aérea total y por compartimento, para individuos de *Vachellia caven*, en bosques del Espinal entrerriano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área corresponde a la provincia fitogeográfica del Espinal, Distrito del Ñandubay (Cabrera 1976). El clima es húmedo de llanura, con una amplitud térmica de 13 °C y una media diaria anual de 18,5 °C. El estudio se realizó en el Dpto. Paraná (Entre Ríos), en un área de 50 ha que corresponde a un rodal mixto multietáneo. La vegetación clímax es un bosque bajo (menor a 6 m de altura) de *P. affinis* y *V. caven*, acompañados de *P. nigra* y *Celtis tala*. La densidad arbórea promedio es de 1.112 individuos ha⁻¹. Los bosques de la región presentan heterogeneidad fisonómica y florística resultante de las condiciones ecológicas y la historia de uso y manejo al que han sido sometidos. Tradicionalmente se han destinado a actividades de cría y recría de ganado vacuno en base al pastizal natural que se desarrolla en el estrato herbáceo. El suelo del área de estudio es un Hapluderte típico, con un horizonte argílico (con arcillas montmorilloníticas) de permeabilidad lenta (Plan Mapa de Suelos 1997).

Recolección de datos

Del rodal evaluado, se seleccionaron aleatoriamente 30 individuos, distribuidos en cuatro clases diamétricas: 5-10, 10-15, 15-20, y 20-25 cm de diámetro del tronco, muestreando un número de individuos proporcional a la frecuencia relativa de cada clase diamétrica. En cada individuo se midió: diámetro del fuste (en cm) a 15 cm desde el nivel del suelo (d_{15}), a 30 cm (d_{30}) y a la altura del pecho -a 1,30 m de altura- (DAP); altura del fuste en m (hf) tomado desde el suelo hasta la primera bifurcación; altura total en m (h); diámetro mayor de copa en m (Dc ; m) y su perpendicular (diámetro menor, dc). Se calculó el área de copa (ac), como $\pi(Dc + dc)^2/4$, y se expresó en m². Los individuos fueron apeados y se separó la biomasa (B) en tres compartimentos: fuste (f), ramas grandes (rg), de diámetro >5 cm y ramas pequeñas, de diámetro ≤ 5 cm + hojas, flores y frutos (rph). El peso de cada fracción fue determinado a campo con balanza de gancho de 300kg (resolución 100g). Se extrajeron alcuotas de cada compartimento, se pesaron a campo con balanza de precisión, y se llevaron a estufa a 105 °C hasta peso constante para determinar el contenido de humedad. La biomasa aérea total (Bt) de cada individuo fue calculada como la suma de los pesos secos de los compartimentos (Bf , Brg , $Brph$).

Análisis de datos

Se evaluaron y ajustaron 8 modelos genéricos (Loetsch et al., 1973), de frecuente utilización en especies leñosas. Adicionalmente se construyeron otros modelos, utilizando como variables predictoras a aquellas de alta correlación con la biomasa y que no estaban incluidas en los modelos genéricos. Para construir estos nuevos modelos, se evaluó la normalidad y homogeneidad de las varianzas de los datos. Las variables d_{15} , d_{30} , DAP, h , hf y ac se utilizaron como predictoras. Los parámetros Bt , Bf , Brg y $Brph$ fueron consideradas variables dependientes. La selección de los mejores modelos se realizó mediante el cálculo de estadísticos de bondad de ajuste: coeficiente de determinación ajustado (R^2 -ajust.); raíz del cuadrado medio del error (RCME); error cuadrático medio de predicción (ECMP); el estadígrafo PRESS; los Criterios de Información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) y el Índice Furnival (IF). Se trabajó con el Software Statgraphics Centurion XVI® versión 16.1 (StatPoint Technologies Inc., 2010).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa total estuvo altamente correlacionada con d_{15} , d_{30} , DAP y ac ($0,91 < r < 0,94$; $P < 0,01$) y moderadamente con h ($r=0,79$). En contraste, la correlación con hf resultó baja ($r=0,23$). La biomasa del fuste resultó mejor explicada por d_{30} ($r = 0,90$; $P < 0,01$) y d_{15} ($r=0,90$; $P < 0,01$). Sione et al. (2019), obtuvieron resultados similares en *P. affinis*; la biomasa aérea total estuvo altamente correlacionada con d_{15} , d_{30} , DAP y ac ($0,92 < r < 0,98$; $P < 0,01$), y moderadamente con h ($r = 0,64$).



Los modelos genéricos evaluados, de frecuente utilización en especies leñosas, mostraron menor bondad de ajuste que aquellos obtenidos al incorporar como predictoras a las variables de mayor correlación con la biomasa (Cuadro 1). El mejor modelo para estimar Bt se basa en DAP y ac. De las regresiones simples, la función que incluye a Ln(d₃₀) como predictoras es la que presentó mayor bondad de ajuste (Cuadro 1; Gráfico 1). Estos modelos estiman el Ln de la biomasa, por lo que la reconversión a valores de biomasa requiere del cálculo de un término de corrección.

Cuadro 1. Modelos de mejor ajuste y sus estadígrafos, para la estimación de la biomasa aérea total y por componentes, de individuos de *Vachellia caven* en bosques nativos del Espinal (Entre Ríos).

Biomasa	Modelo	R ² aj	CME	ECMP	PRESS	AIC	BIC	IF
Fuste	$\text{Ln}(\text{Bf}) = -3,87 + 2,25 * \text{Ln}(d_{15})$	0,92	0,07	0,08	396,9	9,8	14,0	1,9
	$\text{Ln}(\text{Bf}) = -3,97 + 2,05 * \text{Ln}(d_{15}) + 0,45 * \text{Ln}(h)$	0,92	0,07	0,09	435,2	10,7	16,3	1,9
	$\text{Ln}(\text{Bf}) = -3,51 + 1,95 * \text{Ln}(d_{15}) + 0,17 * \text{Ln}(\text{ac})$	0,92	0,07	0,09	399,2	11,0	16,6	1,9
Ramas grandes	$\text{Ln}(\text{Brg}) = -7,06 + 2,90 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 1,47 * \text{Ln}(h)$	0,97	0,07	0,08	1.015,2	7,6	12,7	2,0
	$\text{Ln}(\text{Brg}) = -5,60 + 2,50 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0,63 * \text{Ln}(\text{ac})$	0,96	0,07	0,09	529,3	8,9	13,9	2,0
	$\text{Ln}(\text{Brg}) = -6,29 + 3,43 * \text{Ln}(\text{DAP})$	0,95	0,10	0,11	1.337,6	17,2	21,0	2,3
Ramas pequeñas+ hojas, flores y frutos	$\text{Ln}(\text{Brph}) = -1,96 + 1,79 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0,21 * \text{Ln}(\text{ac})$	0,96	0,04	0,06	1.075,8	-3,5	2,1	3,2
	$\text{Ln}(\text{Brph}) = -2,15 + 2,07 * \text{Ln}(\text{DAP})$	0,96	0,05	0,05	1.211,3	-2,5	1,7	3,6
	$\text{Ln}(\text{Brph}) = -3,55 + 2,51 * \text{Ln}(d_{30})$	0,94	0,06	0,08	1.801,5	-6,9	11,1	4,0
	$\text{Ln}(\text{Brph}) = -3,66 + 2,49 * \text{Ln}(d_{15})$	0,93	0,08	0,10	1.875,2	-13,6	17,8	4,6
Aérea total	$\text{Ln}(\text{Bt}) = -1,69 + 1,74 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0,41 * \text{Ln}(\text{ac})$	0,97	0,04	0,04	3.466,2	-10,5	-4,9	3,2
	$\text{Ln}(\text{Bt}) = -2,60 + 1,97 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0,98 * \text{Ln}(h)$	0,97	0,04	0,05	4.743,5	-7,6	-1,9	3,2
	$\text{Ln}(\text{Bt}) = -3,70 + 2,83 * \text{Ln}(d_{30})$	0,97	0,04	0,05	8.046,4	-6,9	-2,7	3,2
	$\text{Ln}(\text{Bt}) = -3,83 + 2,61 * \text{Ln}(d_{30}) + 0,50 * \text{Ln}(h)$	0,97	0,04	0,05	8.503,3	-7,4	-1,8	3,2
	$\text{Ln}(\text{Bt}) = -2,05 + 2,31 * \text{Ln}(\text{DAP})$	0,96	0,05	0,06	5.967,3	0,3	4,5	3,6

Donde: Bf: biomasa de fuste (kg árbol⁻¹); Brg: biomasa de ramas grandes (kg árbol⁻¹); Brph: biomasa de ramas pequeñas+hojas+flores+frutos (kg árbol⁻¹); Bt: biomasa total arriba del suelo (kg árbol⁻¹); d₁₅ y d₃₀: diámetro del fuste a 15 y 30 cm desde el suelo, respectivamente (cm); DAP: diámetro del fuste a la altura del pecho (cm); ac: área de copa (m²); R²aj: R² ajustado; CME: cuadrado medio del error; ECMP: error cuadrático medio de predicción; PRESS: suma de cuadrados de los residuos de los predichos; AIC: Criterio de Información Akaike; BIC: Criterio Bayesiano de información; IF: Índice de Fumival.

Los modelos reportados en la bibliografía, si bien son variados, se basan generalmente en una sola variable independiente, donde la biomasa depende del diámetro basal o del DAP. En el Espinal entrerriano, Sione et al. (2019) desarrollaron modelos para la estimación de la biomasa de *P. affinis*, resultando de mejor ajuste aquellas funciones basadas en DAP y ac, en coincidencia con los modelos obtenidos en el presente trabajo. También los modelos basados en d₁₅ y d₃₀ resultaron de muy buen ajuste para *P. affinis*. Husch et al. (1971) proponen al DAP como variable estimadora del volumen forestal de especies en general, mientras que Conti et al. (2008) proponen al diámetro basal como el mejor estimador del volumen de individuos de *Prosopis nigra var. ragonesei* en bosques de Santa Fe (Argentina). En el Parque Chaqueño Seco, Gaillard de Benítez et al. (2000, 2014) también observaron que el DAP resultó la variable de mayor correlación con la biomasa individual de *P. nigra* y *A. quebracho-blanco*. Para *P. caldenia* en la Pampa semiárida, el área basimétrica y la altura total resultaron las mejores variables predictoras de la biomasa (Risio Allione et al., 2012).

Los modelos de mejor ajuste para estimar la biomasa por compartimento presentaron coeficientes R²aj. ≥ 0,92 tanto para la estimación de Bf, Brg y Brph (Cuadro 1). En todos los casos, los parámetros o coeficientes de los modelos seleccionados fueron significativos (P < 0,05). Las variables relacionadas al diámetro (DAP, d₁₅ y d₃₀) y el área de copa (ac) resultaron las mejores predictoras de la biomasa de cada compartimento. La altura total queda incluida en los mejores modelos de estimación de Bf y Brg, sin embargo no resulta buena predictoras de Brph. Ésto coincide con los modelos obtenidos por Sione et al. (2019) para la estimación de la biomasa de *P. affinis* en bosques nativos del Espinal.

Las funciones generadas para predecir Brg y Brph presentan satisfactorio ajuste y precisión, a diferencia de lo reportado en la bibliografía, donde estas ecuaciones presentan peor comportamiento que las desarrolladas para el fuste y biomasa total, lo que puede atribuirse a que estos componentes estructurales están más influenciados por la competencia y los regímenes hídricos, presentando mayor variabilidad (Andrade et al., 2016).

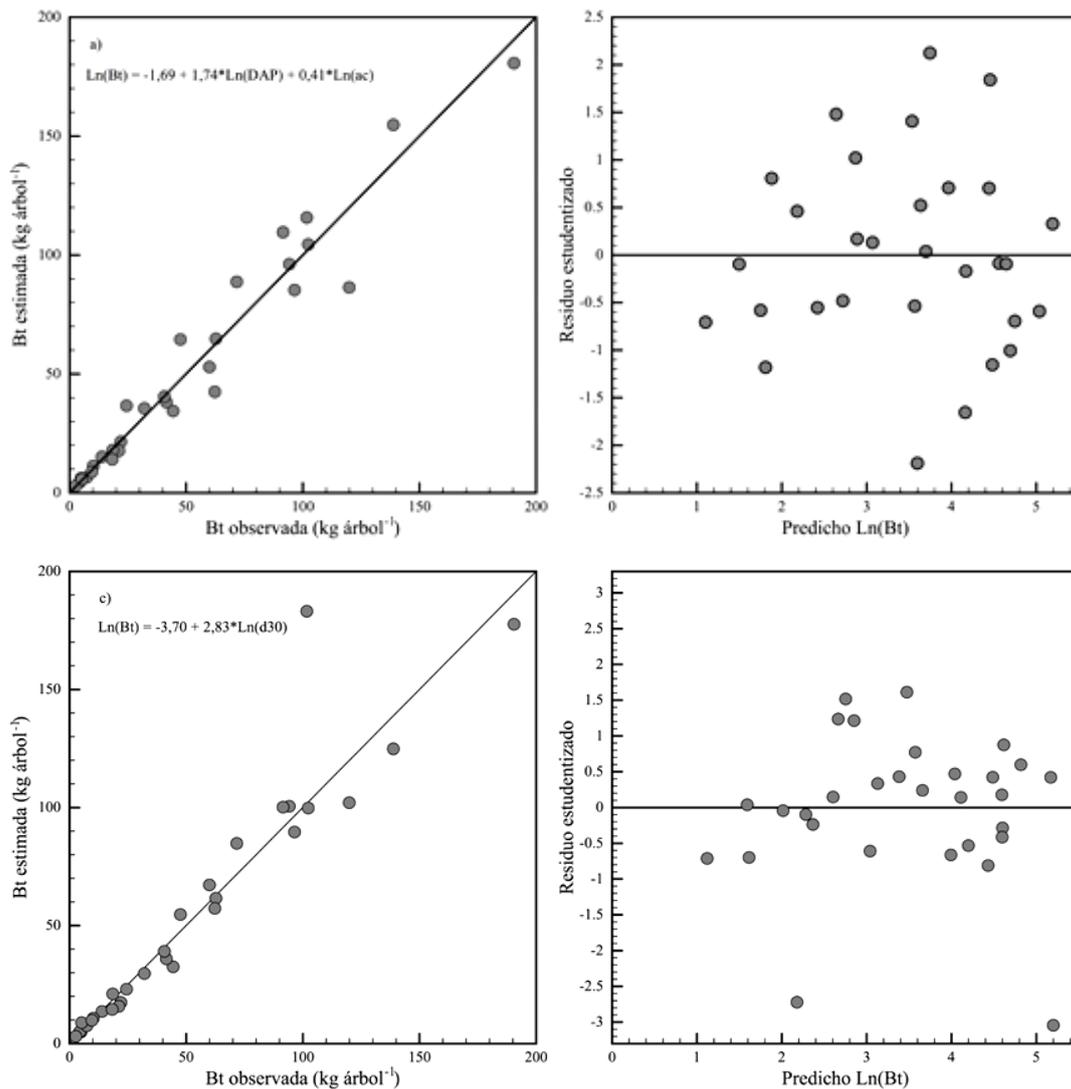


Gráfico 1. Modelos alométricos de mejor ajuste para la estimación de la biomasa aérea total de individuos de *Vachellia caven* basados en DAP y ac (a) y en d₃₀ (b), con sus correspondientes gráficos de residuos (a la derecha). Donde: Bt: biomasa aérea total (kg árbol⁻¹); DAP: diámetro a la altura del pecho (cm); ac: área de copa (m²); d₃₀: diámetro basal a 0,30 m desde el nivel del suelo (cm).

4. CONCLUSIONES

El modelo de mejor ajuste para estimar la biomasa aérea total de individuos de *V. caven* fue: $\text{Ln}(Bt) = -1,69 + 1,74 \cdot \text{Ln}(DAP) + 0,41 \cdot \text{Ln}(ac)$. Por su parte, la función de regresión simple $\text{Ln}(Bt) = -3,70 + 2,83 \cdot \text{Ln}(d_{30})$ también presentó una muy buena capacidad predictiva de la biomasa aérea total, resultando de gran practicidad para su aplicación en individuos bifurcados por debajo de 1,30 m.

Los modelos obtenidos en el presente trabajo presentan alta precisión ($R^2_{aj} \geq 0,92$) para la estimación de la biomasa total y por compartimento, de individuos de *V. caven* con diámetros basales de 5-25 cm, en el área de bosques nativos del Espinal (Entre Ríos, Argentina). Estas funciones son útiles para predecir la biomasa aérea de manera no destructiva y representan una herramienta valiosa para su aplicación en el monitoreo de los depósitos de carbono en bosques de esta región.

5. LITERATURA CITADA

ANDRADE, H.J.; SEGURA, M.A.; FORERO, L.A. 2014. Desarrollo de modelos alométricos para volumen de madera, biomasa y carbono en especies leñosas perennes: conceptos básicos, métodos y procedimientos. Sello Editorial Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 48 p.



- ANDRADE, H.J.; SEGURA, M.A.; FERIA, M.; SUÁREZ, W. 2016. Above-ground biomass models for coffee bushes (*Coffea arabica* L.) in Líbano, Tolima, Colombia. *Agroforestry Systems* DOI 10.1007/s10457-016-0047-4.
- CABRERA, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. 12a. Edición. Tomo II, Fas. I. Ed. ACME. S.A.C.I. BS. As. 85 p.
- CONTI, G.; COIRINI, R.; ZAPATA, R. 2008. Funciones de estimación de volumen de *Prosopis nigra* var. *ragonesei* (algarrobo amarillo) en un Bosque del Espinal Santafesino. *Ciencia* 3(7), p. 39-51.
- GAILLARD DE BENÍTEZ, C.; PECE, M.; JUÁREZ DE GALÍNDEZ, M.; MALDONADO, A.; ACOSTA, V.H.; GÓMEZ, A. 2000. Biomasa aérea de ejemplares de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco. *Quebracho* 9, p. 115-127.
- GAILLARD DE BENÍTEZ, C.; PECE, M.; JUÁREZ DE GALÍNDEZ, M.; ACOSTA, V.H. 2014. Modelaje de la biomasa aérea individual y otras relaciones dendrométricas de *Prosopis nigra* Gris. en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho* 22 (1,2), p.17-29
- HUSCH, B.; MILLER, C.; BEERS, T. 1971. *Forest mensuration*. Second Edition. Ed. John Wiley & Sons. 410 p.
- IGLESIAS, M.; BARCHUK, A. H. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecología Austral* 20, p. 71-79.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. (The Core Writing Team, R. Pachauri, & L. Meyer, Eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- LEDESMA, S.; MURACCIOLE, B.; DORSCH, A.; SABATTINI, R.; COTTANI, F.; SIONE, S.; FORTINI, C. 2007. Caracterización estructural de montes nativos de Entre Ríos. *Revista Científica Agropecuaria* 11(2), p. 129-139
- LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, KE. 1973. *Forest inventory*. Munich, DE, BLV Verlagsgesellschaft. 469 p.
- PLAN MAPA DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. 1997. Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. Suelos y erosión de la provincia de Entre Ríos. Segunda Ed. Tomo I. Serie Relevamiento de Recursos Naturales (1) INTA-EEA Paraná. Entre Ríos. 112 p.
- RISIO ALLIONE, L.; BRAVO, F.; BOGINO, S. 2012. Cuantificación de biomasa y carbono en bosques nativos de *Prosopis caldenia* (Burkhart) en la pampa semiárida argentina [en línea] Disponible en: <<http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1593/1/TFM-L%2043.pdf>>
- SCHLEGEL, B.; GAYOSO, J.; GUERRA J. 2001. *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D98I1076. Chile.15 p.
- SIONE, S.; ANDRADE CASTAÑEDA, H.J.; LEDESMA, S.; ROSENBERGER, L.J.; OSZUST, J.D.; WILSON, M. 2019. Aerial biomass allometric models for *Prosopis affinis* Spreng. in native Espinal forests of Argentina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 23(6), p. 467-473.
- STATPOINT TECHNOLOGIES INC. STATGRAPHICS CENTURION. Warrenton: StatPoint Technologies Inc., 2010. sp



EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE SEMILLAS DE *Nothofagus antarctica* EN SITIOS AFECTADOS POR FUEGO Y GANADERÍA EN EL ECOTONO DE TIERRA DEL FUEGO.

Gimena BUSTAMANTE¹, Rosina SOLER², Paula BLAZINA³, Judith RAMOS PERALTA⁴,
Miriam ARENA⁵

RESUMEN

En Patagonia Sur, la regeneración del bosque de *Nothofagus antarctica* (ñire) en sitios afectados por fuego, es escasa y principalmente agámica. La disponibilidad de semillas de ñire y/o el arribo de las mismas a sitios seguros, como los arbustos de *Berberis microphylla* (calafate), podría influir sobre la regeneración del bosque. Por lo tanto, el primer objetivo fue evaluar la productividad de semillas de ñire en sitios afectados por fuego bajo distintas cargas animales y por otro lado, evaluar el número de semillas que llegan bajo y fuera la copa del calafate. Para ello se tomaron al azar arbustos de calafate donde se colocaron trampas de semillas, bajo y fuera de su copa, para cuantificar la producción de semillas de ñire. El número de semillas de ñire se reduce a la mitad (≈ 6 millones ha^{-1}) en los sitios afectados por fuego en comparación con aquellos que se mantienen bajo sistema silvopastoril, y por otro lado se sugiere mantener una carga animal baja-media, ya que el impacto severo del ganado genera una marcada disminución en el número de semillas. Los arbustos de calafate actúan como zonas de protección que contienen semillas de ñire de mayor peso que las que se encuentran fuera de su copa.

Palabras clave: *dosel, regeneración natural, degradación, silvopastoril, Berberis microphylla*

1. INTRODUCCIÓN

La pérdida del bosque nativo es una problemática ambiental que se ha acelerado a nivel mundial. En Argentina (1998-2016) se perdieron casi 7 millones de hectáreas de bosque nativo (Lende, 2018). El efecto acumulado de varios disturbios conduce a un proceso de degradación del bosque en términos ecológicos y productivos (Zamorano Elgueta et al., 2012). En el caso de un incendio, la regeneración del bosque está determinada, entre otras cosas, por la presencia de árboles en pie que puedan producir semillas o de la capacidad de rebrote que posea la especie (de Dios, 2018). Sin embargo, la lluvia de semillas es una parte esencial para la regeneración, ya que constituye la única fuente de conservación de la variabilidad genética que permite mantener la biodiversidad de la zona (Torres et al., 2001).

En los ambientes afectados por fuego algunos arbustos tienen la capacidad de rebrotar, lo cual indicaría un cierto grado de adaptación al fuego y un efecto de resiliencia (Ghermandi et al., 2004). Además, facilitan la acumulación de hojarasca con lo cual es más factible que se acumulen semillas (Marín y Gómez, 2005). Por otro lado generan condiciones térmicas, hídricas y de nutrientes apropiadas para la germinación y el establecimiento de las plantas (Cavieres y Arroyo, 2001).

En Tierra del Fuego los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) afectados por fuego dieron lugar a la colonización de arbustos de *Berberis microphylla* (calafate) debido a su capacidad de rebrotar (Veblen et al., 2006). Este arbusto es reconocido por sus frutos, sin embargo se desconoce si influyen en la regeneración de los bosques incendiados de ñire bajo ganadería. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo

¹ CADIC-CONICET. Bernardo Houssay 200, Ushuaia (9410), Tierra del Fuego, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Godoy Cruz 2290, Buenos Aires, Argentina.

² CADIC-CONICET. Bernardo Houssay 200, Ushuaia (9410), Tierra del Fuego, Argentina.

³ Universidad de Morón, Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Machado 914, B1708EOH, Morón, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Fuegia Basket 251, Ushuaia (9410), Tierra del Fuego, Argentina.

⁵ Universidad de Morón, Laboratorio de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias, Machado 914, B1708EOH, Morón, Buenos Aires, Argentina.



fue evaluar la producción de semillas de ñire en sitios afectados por fuego y con distinta carga animal y analizar la influencia de la copa del calafate en la disponibilidad de semillas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en bosques quemados de ñire del centro de Tierra del Fuego. Se seleccionaron 3 sitios (con 3 repeticiones en cada uno) con distintas cargas ganaderas (evidenciada por la frecuencia de uso del ganado y de guanacos) y niveles de degradación: severa (caballos: 90 heces ha⁻¹, toros: 317 heces ha⁻¹ y guanacos: 65 heces ha⁻¹), moderada (bovinos: 515 heces ha⁻¹ y guanacos: 240 heces ha⁻¹) y leve (bovinos: 311 heces ha⁻¹ y guanacos: 325 heces ha⁻¹).

En cada repetición se eligieron al azar 5 arbustos de calafate, a los cuales se les midió el diámetro menor, diámetro mayor, altura y se calculó el volumen. En cada arbusto se caracterizó la estructura mediante una parcela de radio fijo (6 m).

En cada arbusto se colocaron 8 trampas (área de 56,7cm²) durante abril para cuantificar la producción de semillas de ñire en los distintos sitios. Los recipientes se colocaron en los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O) bajo y fuera de la copa del calafate (n=8) y fueron retirados en junio. Cada muestra se separó en semillas de ñire (cantidad y peso fresco), hojarasca de ñire y de calafate. La hojarasca se secó en estufa (24 horas) y fue pesada con balanza de precisión ($\pm 0,0001$).

Para analizar la viabilidad de las semillas se juntaron las semillas de los 3 sitios y se tomó al azar un grupo de 15 muestras conformadas por 25 semillas cada una. Se sumergieron en agua durante 24 horas y se clasificaron en vacías o llenas. A las semillas llenas se les determinó la viabilidad mediante la prueba de tetrazolium (1%), manteniendo los embriones embebidos en dicha solución durante 24 horas, a 25 °C y en oscuridad. Las semillas que adquirieron coloración fueron consideradas como viables (Moore, 1986).

Los datos fueron analizados con pruebas no paramétricas (Kruskall-Wallis) con el programa Infostat. Las semillas (cantidad y peso) se analizaron considerando la ubicación de las trampas de semillas con respecto a la copa del arbusto (dentro-fuera), las distintas orientaciones (N, S, E, O) y el sitio como factor principal. La estructura forestal se analizó considerando los distintos sitios como variable de clasificación. Además, se analizó la correlación entre número de semillas bajo copa y el volumen de cada arbusto. Finalmente, para el Análisis de Componentes Principales se usaron las variables relativas a la producción de semillas y hojarasca.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de semillas promedio fue de 6,3 millones ha⁻¹ (con una variación a nivel de sitios de 0-112 millones ha⁻¹) y con una biomasa promedio de semillas de 8,75 kg ha⁻¹ (con una variación 0-93 kg ha⁻¹) indicando que los bosques incendiados producen la mitad de las semillas y un 30% menos de biomasa de semillas que los bosques de ñire bajo uso silvopastoril (Soler, 2012). El peso promedio individual de 0,001 g refleja el tamaño pequeño descrito para esta especie (González et al., 2006).

El sitio con impacto severo produjo significativamente menor número de semillas, seguido del sitio moderado y por último el leve ($p < 0,001$; $h = 27,97$ y $p < 0,0001$; $h = 18,99$, respectivamente). Sin embargo, el número de árboles/ha fue menor en el sitio más impactado, seguido del leve y por último el moderado ($p < 0,001$; $h = 27,97$) (Gráfico 1). En este sentido, la mayor producción no ocurrió en el sitio con mayor densidad de árboles como era de esperar (Newton, 2007), sino que la producción estuvo principalmente limitada a las distintas categorías de impacto ganadero. Es decir, que la compactación y el estado de degradación del suelo generado por las distintas cargas, podría afectar la productividad de los árboles. Con respecto a la calidad de semillas, un 54,7% de las mismas estaban vacías. El test de tetrazolium indicó 9% de viabilidad siendo este valor menor al registrado por Soler (2012) (11-22%).

No se encontraron diferencias significativas en el número de semillas bajo y fuera de la copa ($p = 0,962$; $h = 2,2 E^{-03}$) y tampoco se encontró una relación entre el volumen del calafate y el número de semillas bajo la copa ($r^2 = 0,01$). El hecho de que las semillas lleguen de manera similar bajo o fuera de la copa (5,9 y 6,5 millones ha⁻¹, respectivamente), indica que los arbustos de calafate podrían estar ofreciendo un refugio para las semillas que caen bajo sus copas considerando que están menos expuestas a sufrir



daños por predación y pisoteo. Soler (2012) determinó que la probabilidad de lograr el éxito al final de la etapa post-dispersiva de las semillas de ñire en bosques con uso silvopastoril es significativamente menor en comparación a los bosques sin disturbios, debido a que en el manejo silvopastoril hay mayor predación de semillas por aves y menor viabilidad de las semillas, entre otras variables.

La hojarasca de ñire no difirió significativamente dentro o fuera de la copa del arbusto ($p > 0,999$ y $h=10,53$) y como era de esperar, se encontró mayor hojarasca de calafate bajo su copa ($p < 0,05$; $h=23,31$) (Gráfico 2). Es interesante destacar que De Paz (2014) encontró una baja descomposición de la hojarasca en presencia de arbustos de calafate, atribuyendo esta respuesta al efecto de la berberina. Es decir que las semillas que se encuentran bajo la copa del calafate podrían verse favorecidas por el efecto antibacteriano y antimicótico de la berberina. Incluso recientemente se ha demostrado que este compuesto produce un efecto antialimentario en insectos (Manosalva et al., 2019).

Las distintas orientaciones no mostraron efectos significativos con respecto a las variables estudiadas (hojarasca de ñire: $p > 0,999$; $h = -10,61$, hojarasca de calafate: $p > 0,999$; $h = -9,17$ y número de semillas: $p = 0,978$; $h = 0,19$). Esto indica que el arribo de semillas se produce independientemente de la orientación.

El análisis de componentes principales explicó 68,3% de la varianza de los datos. El eje 1 (43,63%) se relacionó positivamente con la producción de semillas y hojarasca de ñire, generando una separación de los sitios más productivos (impactos leve y moderado) del sitio menos productivo (impacto severo). El eje 2 se relacionó con el peso individual de semillas de ñire y la hojarasca de calafate, separando los grupos bajo-fuera de la copa del arbusto (Gráfico 3).

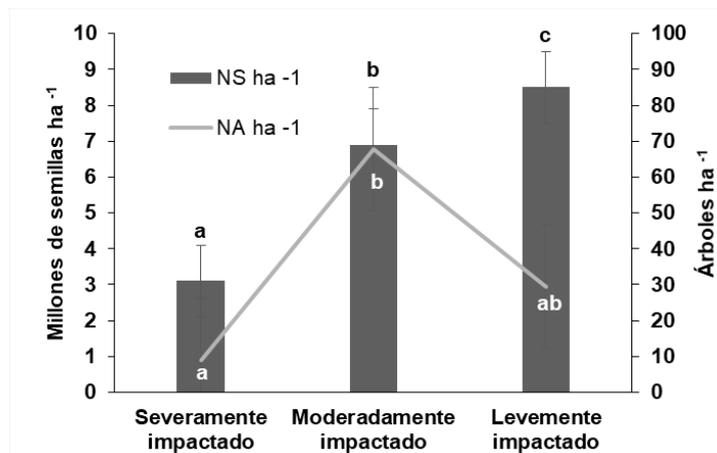


Gráfico 1. Número promedio de semillas y árboles por hectárea con distinto impacto ganadero.

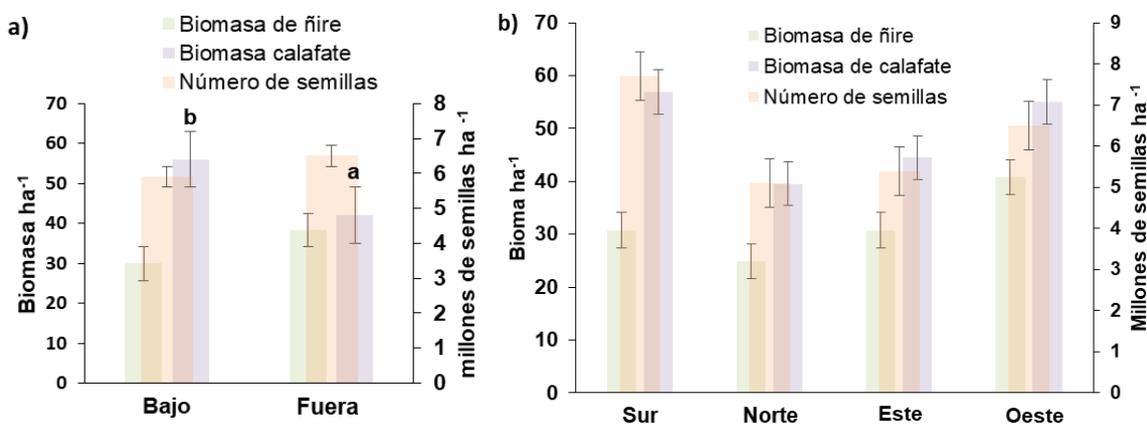


Gráfico 2. Biomasa de ñire (kg ha⁻¹), biomasa de calafate (kg ha⁻¹) y número de semillas por hectárea (NS ha⁻¹) a) bajo y fuera de la copa del calafate y b) en las distintas orientaciones de la copa.

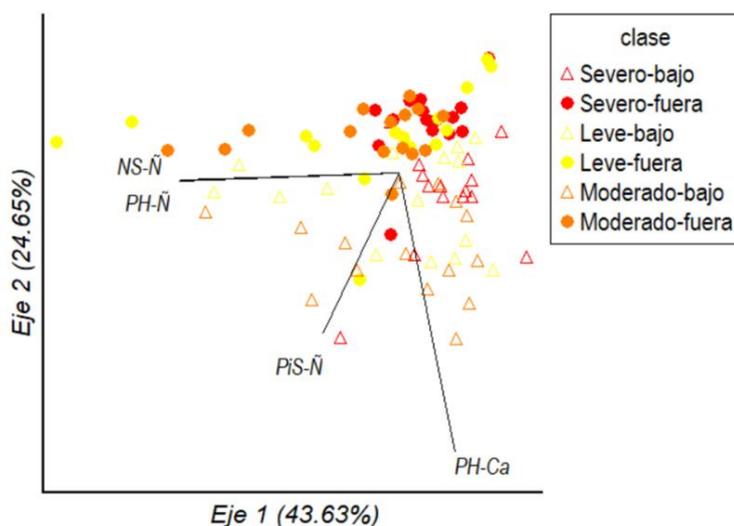


Gráfico 3. Análisis de componentes principales con el número de semillas de ñire (NS-Ñ), peso individual de las semillas de ñire (PiS-Ñ), hojarasca de ñire (PH-Ñ) y de calafate (PH-Ca).

4. CONCLUSIÓN

Se concluye que el ñire tiene la capacidad de producir semillas incluso en sitios que fueron afectados por incendio y con distinto impacto ganadero. Sin embargo, en base a los resultados se sugiere mantener una carga adecuada, ya que los niveles de degradación severa conllevan a una marcada disminución en el número de semillas. Por otro lado, los arbustos no impiden la llegada de semillas, aunque tampoco favorecen una mayor acumulación que fuera de sus copas. Se evidencia un efecto del peso individual de las semillas que llegan debajo de los arbustos, donde las condiciones para germinación (ej, sombra, protección de herbívoros) podrían ser más favorables.

5. LITERATURA CITADA

- CAVIERES, L. A. y ARROYO, M. T. K. 2001. Persistent soil seed banks in *Phacelia secunda* (Hydrophyllaceae): experimental detection of variation along an altitudinal gradient in the Andes of central Chile (33 degrees S). *Journal of Ecology* 89: 31-39.
- DE DIOS, V. R.; KARAVANI, A.; BOER, M. M.; BAUDENA, M.; COLINAS, C.; DÍAZ-SIERRA, R. y DE SALAMANCA, Á. E. 2018. Deforestación inducida por el fuego en bosques mediterráneos sometidos a sequía. *Foresta*: 70: 56-65.
- DE PAZ, M. 2014. Heterogeneidad de micrositios, dinámica de nutrientes y facilitación en especies leñosas de los matorrales del NO de la Patagonia. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Comahue.
- GHERMANDI, L.; GUTHMANN, N. y BRAN, D. 2004. Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *J. Veg. Sci.* 15: 67-76.
- GONZÁLEZ, M.; DONOSO, C.; OVALLE, P. y MARTÍNEZ-PASTUR, G. 2006. *Nothofagus pumilio*. Krasser. En: Donoso, C. (eds.). Autoecología de los árboles de nativos de Chile y Argentina. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia, Chile. 486-500.
- LENDE, S. G. 2018. Destrucción de bosques nativos y deforestación ilegal: el caso argentino (1998-2016). *Papeles de Geografía* 64: 154-180.
- MANOSALVA, L.; MUTIS, A.; PALMA, R.; FAJARDO, V. y QUIROZ, A. 2019. Actividad antialimentaria de los extractos de alcaloides de calafate (*Berberis microphylla*, G. Forst, 1789) sobre larvas de la polilla de la col (*Plutella xylostella*, Linnaeus, 1758). In *Anales del Instituto de la Patagonia*. 47(1), 17-23.
- MARÍN, L. B. M., y GÓMEZ, M. C. D. 2005. Banco de semillas en un bosque de roble de la cordillera central colombiana. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* 58(2): 2931-2943.
- MOORE DM. 1986. Manual de ensayos al tetrazolio. Comité de tetrazolio de la Asociación Internacional de ensayos de semillas. Madrid, 92.



- NEWTON, A. C. 2007. *Forest Ecology and Conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press Inc., New York, USA.
- SOLER, R. 2012. *Regeneración natural de *Nothofagus antarctica* en bosques primarios, secundarios y bajo uso silvopastoril*. Tesis doctoral en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- TORRES, O.; CALVO, L.; VALBUENA, L. y LUI, E. 2001. *Respuesta al fuego de las semillas presentes en el suelo de un pinar de *Pinus pinaster* incendiado*. Congresos Forestales.
- VEBLEN, T. T., BAKER, W. L., MONTENEGRO, G., y SWETNAM, T. W. 2006. *Fire and climatic change in temperate ecosystems of the western Americas* (Vol. 160). Springer Science y Business Media.
- ZAMORANO-ELGUETA, C., CAYUELA, L., GONZÁLEZ-ESPINOSA, M., LARA, A., y PARRA-VÁZQUEZ, M. R. 2012. *Impacts of cattle on the South American temperate forests: Challenges for the conservation of the endangered monkey puzzle tree (*Araucaria araucana*) in Chile*. *Biological Conservation* 152: 110-118.



VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DE MADERA MUERTA Y SUELO POR ECORREGIÓN EN EL CHACO ARGENTINO

José DÍAZ ZIRPOLO¹, María BASUALDO¹, Martín MONTENEGRO¹, Marcelo RODRIGUEZ¹, Juana MOGLIA¹, Guido LORENZ¹

RESUMEN

La madera muerta (MM) y el suelo constituyen dos reservorios de carbono vitales para el funcionamiento de cualquier ecosistema forestal. El objetivo del estudio fue cuantificar la acumulación de carbono orgánico en los reservorios MM y suelo (COS) en las ecorregiones del Chaco Húmedo (CHH) y Chaco Seco (CHS). Sobre la base de 15 parcelas de muestreo por cada subregión correspondientes al Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos, se adaptó un diseño de muestreo. Se evaluaron cinco tipos de MM mediante el método de parcela y líneas de intersección, y en el caso de suelo, se tomaron con barreno, muestras a los 0-20 cm y 20-50 cm, dentro de 4 cuadrantes. Los resultados reflejan que el reservorio MM mostró un valor promedio de carbono acumulado de 16,7 t/ha en CHH y 9,02 t/ha en CHS. Mientras que para el COS, los valores promedios variaron de 60 t/ha a 40 t/ha en CHH y CHS, respectivamente. Debido al aporte de ambos reservorios, esta evaluación constituye un insumo para el diseño de acciones, políticas y medidas tendientes a reducir emisiones de carbono provenientes de la deforestación y degradación forestal, dentro de las medidas para mitigar el cambio climático.

Palabras clave: *reservorios, necromasa, bosques nativos*

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, existe interés en conocer el aporte de los distintos compartimentos, biomasa viva (aérea y subterránea), biomasa muerta (MM y hojarasca) y suelo, en la acumulación de carbono de los bosques. Este conocimiento resulta de especial aporte en la gestión sostenible de los bosques, la conservación, así como en los planes de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal. En ese sentido, a nivel nacional se trabajó en determinar el nivel de referencia para la reducción de emisiones a escala subnacional, cubriendo el 65% de las regiones forestales del país, abarcando las emisiones brutas de CO₂ por deforestación, contemplando solo los depósitos de biomasa aérea y subterránea de los bosques nativos. En consecuencia, se hace evidente considerar nuevos reservorios del ecosistema en las distintas regiones del país.

El Parque Chaqueño es la región forestal más extensa del país, representando el 41% del total de las regiones forestales a nivel nacional, formando parte del Gran Chaco Americano que comprende también parte de los territorios de Bolivia y Paraguay. Esta región posee una gran diversidad de ambientes, desde zonas húmedas en el este a secas en el oeste, que se traducen en una alta diversidad de especies. La vegetación predominante son los bosques caducifolios xerófilos, alternados con pajonales, praderas, palmares, sabanas secas o inundables, esteros, bañados, salitrales y arbustales, siendo las especies forestales más destacadas de la región *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado), *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), y *Prosopis* spp. (algarrobos), entre otros (SAyDS, 2007).

A la actualidad no existe información disponible sobre la inclusión de los distintos depósitos de carbono (MM y carbono en suelos) en los inventarios de bosque nativo. Si bien existen datos de estudios puntuales, no se dispone de datos empíricos o científicos respecto de su comportamiento frente a eventos de deforestación. Recientemente, se ha concluido con el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2).

¹ Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques, Facultad de Ciencias Forestales – UNSE: diazzipolo@gmail.com



A partir del estudio que presentamos aquí se aportan datos sobre un estudio piloto realizado en el año 2019 para generar valores de referencia por reservorio en las dos ecorregiones del Parque Chaqueño, a partir de un set de puntos del segundo inventario de bosques nativos.

El objetivo del estudio fue cuantificar la acumulación de carbono orgánico en los reservorios de madera muerta (MM) y suelo (COS) en las ecorregiones de Chaco Húmedo (CHH) y Chaco Seco (CHS).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio

Para determinar las parcelas a ser intervenidas, se caracterizaron 15 parcelas de muestreo por cada subregión del PCH, Chaco Semiárido (CHS) y Chaco Húmedo (CHH), localizadas en las provincias de Santiago del Estero y Chaco, siguiendo la clasificación de Ecorregiones de Brown y Pacheco (2006) (Figura 1).

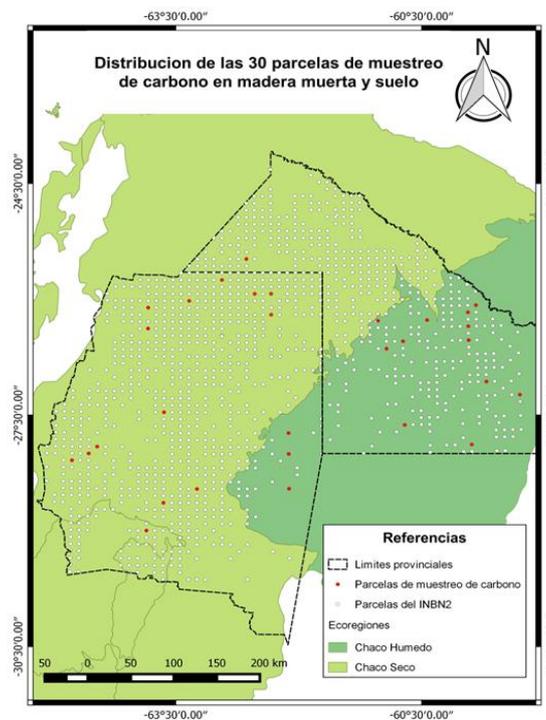


Figura 1. Distribución de las parcelas del muestreo final.

Sobre la base de las parcelas circulares permanentes de 1.000 m² instaladas durante el INBN2, se adaptó un dispositivo de muestreo, para el estudio de MM y suelo en bosques de la región Parque Chaqueño.

Muestreo, recolección y cuantificación de carbono en MM y COS

Para la cuantificación del stock de carbono total de MM se definieron cinco tipos que incluyeron; madera muerta en pie (MMP) con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 5 cm; tocones (MMT); madera muerta fina (MMF) con un diámetro < 2,5 cm; madera muerta mediana (MMM) con un diámetro > 2,5 cm y < 7,5 cm; y madera muerta gruesa (MMG) con un diámetro > 7,5 cm. Para cada uno de estos reservorios se establecieron criterios específicos de muestreo dentro del área de la parcela. La MMP y MMT se midieron en toda la parcela circular de 1.000 m² (17,8 m de radio); la MMF se midió en 2 líneas de intersección de 6 m y para la MMM y MMG se utilizaron 2 líneas de intersección de 17,8 m, mediante la técnica Line Intercept Sampling - LIS de Van Wagner (1982). A su vez, en uno de los transectos de la parcela (17,8 m) se realizó la colecta y evaluación del material leñoso caído en tres grados de descomposición según características observables *in situ*, las cuales fueron corroboradas en laboratorio (Díaz Zirpolo, 2017).



Cada muestra fue pesada en fresco a campo y colocada en una bolsa rotulada con el fin de estimar su densidad básica en laboratorio, mediante el método de desplazamiento de volumen de agua (Coronel, 1994). Las muestras fueron secadas en estufa a 75 °C hasta peso constante (48-72 horas aproximadamente) y con el peso y el volumen se calculó la densidad básica de cada muestra. Luego se realizó el molido de las muestras mediante el uso de un molino de seis cuchillas de 50 a 6.000 rpm con tamices metálicos de 0,2 a 6,0 mm. Finalmente se realizó la determinación del porcentaje de carbono mediante el método de combustión total en seco con un analizador elemental (IPCC, 2003).

Para medir el contenido de COS, se colectaron muestras en áreas limpias de materia orgánica. Dentro de la parcela circular se tomaron muestras sobre líneas paralelas, situadas a 2 m de la línea N-S, dentro de 4 cuadrantes. Las muestras fueron extraídas usando un barreno de 2 cm de diámetro, a los 0-20 cm y 20-50 cm de profundidad. En laboratorio, las muestras fueron tamizadas mediante un tamiz de 2 mm. Se estimó la densidad aparente relacionando la masa y el volumen de la muestra, teniendo como referencia el volumen del barreno y los intervalos muestreados. Para la determinación del porcentaje de COS se utilizó un analizador elemental mediante el método de combustión total en seco. Finalmente, se llegó a determinar el COS de la muestra según Poeplau et al. (2017), utilizando la estimación de densidad aparente y el porcentaje de carbono obtenido en laboratorio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono en madera muerta en la ecorregión Chaco Húmedo

En la región del Chaco Húmedo (CHH), el promedio de la suma de carbono acumulado por los distintos tipos de MM fue de 16,7 t/ha (Gráfico 1). A su vez, los resultados en el CHH mostraron una gran variabilidad entre sitios, destacándose los valores registrados en las parcelas 22096050 (bosque alto abierto con un sistema silvopastoril), 22107068 y 22107051 (bosques altos cerrados), correspondientes a sitios en bosques altos con distintos grados de aprovechamiento. El contenido de carbono acumulado en los distintos tipos de MM, reflejaron que el 50% de lo acumulado corresponde al tipo de MMM, y en segundo término a la MMG con el 29%. El resto del porcentaje acumulado correspondió a los tipos MMF, MMP y MMT.

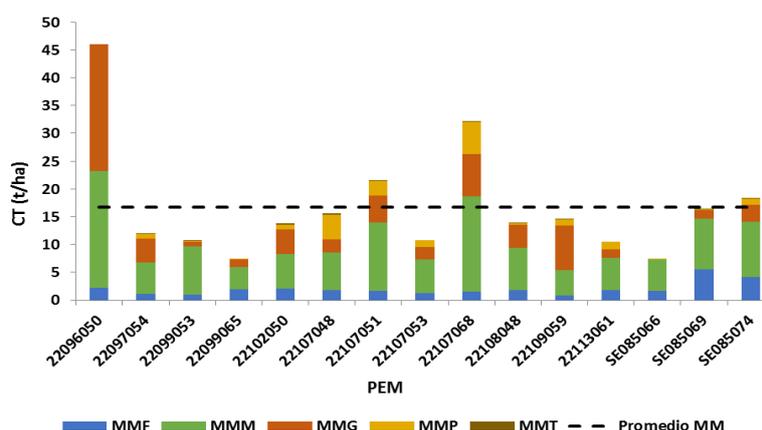


Gráfico 1. Carbono total acumulado discriminado por parcela (PEM) según tipo de MM en el CHH.

Carbono en madera muerta en la ecorregión Chaco Seco

En cuanto a la región del Chaco Seco (CHS) el valor promedio de la suma de carbono acumulado fue 9,02 t/ha, siendo las parcelas SE061069 (bosque bajo abierto) y SE083046 (bosque alto abierto) las de mayor contribución. La ecorregión del CHS mostró valores similares respecto al porcentaje de carbono acumulado en los distintos componentes (Gráfico 2).

En ambas ecorregiones la MMM resultó ser el tipo de MM que predomina en todas las parcelas evaluadas. También se observa la importancia de medir la MMF, debido a su incidencia como fuente de material combustible para los incendios forestales.

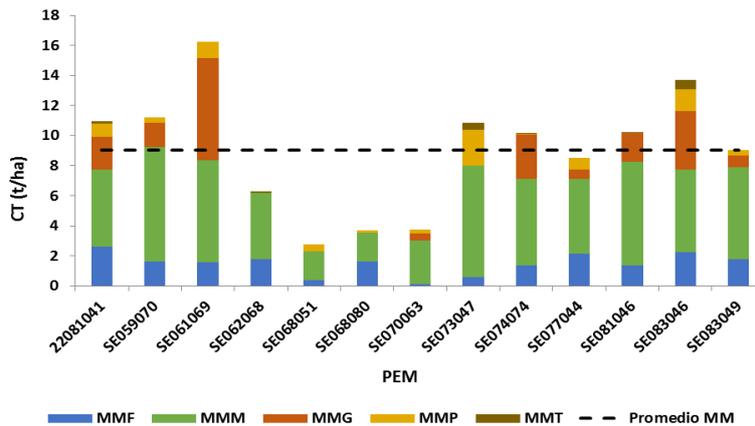


Gráfico 2. Carbono total acumulado discriminado por parcela (PEM) según tipo de MM en el CHS.

En concordancia con Conti et al. (2014) la magnitud de las diferentes reservas de carbono y su contribución al almacenamiento total de carbono del ecosistema, se ven profundamente afectadas por transiciones y los cambios de uso del suelo, que están ocurriendo ampliamente en la región. Los resultados obtenidos en este trabajo representan dos veces el valor reportado por Gasparri y Manghi (2004), quienes de manera general, estimaron un contenido de carbono medio de MM de 6,92 t/ha para la región del Parque Chaqueño. A su vez, Lombardi et al. (2008) afirman que la cantidad de MM en un bosque depende de un conjunto de variables, como tipo de bosque, estado de desarrollo, especie y frecuencia de los disturbios de recursos naturales o antropogénicos, suelos, características climáticas y tipo de gestión, lo cual pudo corroborarse.

Carbono Orgánico del Suelo en ambas ecorregiones

En el caso del carbono orgánico del suelo, la ecorregión del CHH tuvo mayores valores promedio (60 t/ha) respecto de la ecorregión del CHS (40 t/ha) (Gráfico 3). En ambos casos se observa una variación entre lotes, aunque la región del CHH es la más variable. Cabe destacar que los valores observados en los lotes 22099053, 22107051 y 22107053 se corresponden con bosques altos cerrados de la subregión húmeda. Los valores obtenidos en ambas regiones son superiores a los obtenidos por Gasparri y Manghi (2004), que reportaron un promedio de 38 tn/ha para la región del Parque Chaqueño en lo referido al carbono orgánico del suelo. En otro estudio realizado por Basualdo (2019) en la ecorregión del Chaco Seco se registró un valor promedio de 37 tn/ha y 30 tn /ha en bosques sin intervención y posintervención agrícola hasta los 30 cm de profundidad.

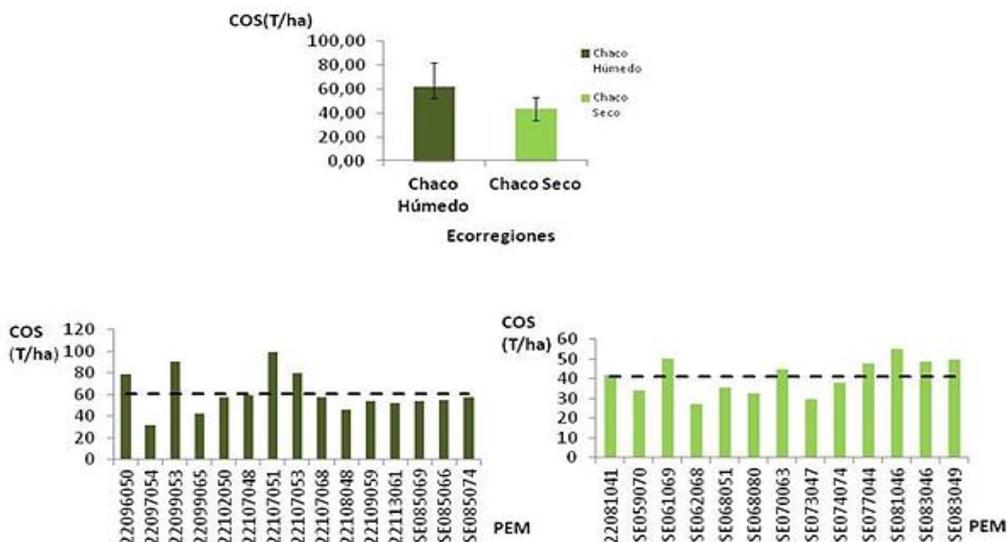


Gráfico 3. COS promedio por ecorregión (arriba) y parcelas (abajo) en cada uno (promedio de la suma acumulada de carbono en los primeros 50 cm).



4. CONCLUSIONES

Con lo reportado por este estudio se tendrán valores de referencia de acumulación de carbono para la región PCH. El Chaco Húmedo fue la región que presentó mayor variabilidad de los valores de carbono acumulado en ambos reservorios. Dentro de los distintos tipos de MM, la MMM y MMG fueron los que mayormente aportaron al carbono total. Debido al aporte de los reservorios MM y COS en la acumulación de carbono total se recomienda sumarlos al monitoreo de bosques y así contar con valores actualizados que reflejen el estado de los mismos en un contexto de cambio de uso del suelo. Además, esta información pretende ser un insumo para el diseño de acciones, políticas y medidas tendientes a reducir emisiones de carbono provenientes de la deforestación y degradación forestal, dentro de las medidas para mitigar el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Ftal. María Carranza y Tec. Ramón Cardozo del Instituto de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales-UNSE, por su colaboración para la molienda de las muestras de MM.

5. LITERATURA CITADA

- BASUALDO, M. 2019. Recuperación estructural y funcional durante la sucesión secundaria post-agrícola de bosques del Chaco Semiárido. Tesis Doctoral, (En Prensa). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Buenos Aires. 150 p.
- BROWN, A. Y PACHECO S. 2006. Propuesta de actualización del mapa Ecorregional de la Argentina. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- CONTI, G., PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., QUÈTIER, GORNÉ, L., JAUREGUIBERRY, P., BERTONE, G., AND DÍAZ, S. 2014. Large changes in carbon storage under different land-use regimes in subtropical seasonally dry forests of southern South America. *Agriculture, ecosystems & environment*, 197, 68-76.
- CORONEL, E. O. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades, y sus aplicaciones. 1º. Parte. Editorial El Liberal, Santiago del Estero.
- DÍAZ ZIRPOLO, J. 2017. Madera muerta como factor para la gestión de los recursos forestales en bosques del Chaco Semiárido, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. 1a ed. Santiago del Estero: Universidad Nacional de Santiago del Estero - UNSE. Facultad de Ciencias Forestales. 141 p. ISBN 978-987-1676-70-5
- GASPARRI, I. Y E. MANGHI. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de la Regiones Forestales de Argentina. SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable). Informe final.
- INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. 2003. Penman, J.; M. Gytarsky; T. Hiraishi. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES). Vol. 177. FAO. (2000). Informe sobre los Recursos Forestales Mundiales 2000.
- LOMBARDI, F.; B. LASSERRE; R. TOGNETTI AND M. MARCHETTI. 2008. Deadwood in Relation to Stand Management and Forest Type in Central Apennines (Molise, Italy). *Ecosystems* 11: 882-894.
- POEPLAU, C., VOS, C., & DON, A. 2017. Soil organic carbon stocks are systematically overestimated by misuse of the parameters bulk density and rock fragment content. *Soil*, 3(1), 61-66.
- SAyDS. 2007. Primer inventario nacional de bosques nativos. Informe Regional Parque Chaqueño. República Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- VAN WAGNER, C. E. 1982. Practical aspects of the line intersect method. Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forestry Service. Ontario, Canada. 11 p.



PRODUCTORES FORESTALES DE LA CUENCA DEL RÍO URUGUAY: ESTRUCTURA Y DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA

Maia PLAZA BEHR^{1,2}, Marcelo ARTURI², Carolina SERRA², Ignacio GASPARRI¹ y Sarah BURNS²

RESUMEN

Los propietarios privados son quienes definen los objetivos de las plantaciones, el manejo silvícola y las actividades productivas en esas tierras, es por ello que son actores clave para pensar las dinámicas y cambios de uso en el campo forestal. El objetivo de este trabajo es compartir con la comunidad forestal los avances obtenidos respecto a las relaciones entre las diversas actividades productivas que realizan los productores forestales, su tamaño, su antigüedad y la importancia que representa la actividad forestal frente a otras. Para ello se realizaron encuestas virtuales a 71 productores forestales de la región. El tamaño de unidades forestales varió entre 2 y 42.500 ha y el año de establecimiento entre 1870 y 2015. Una gran cantidad de productores indicó realizar actividades ganaderas o no agropecuarias además de la forestal y los niveles de importancia que significó ésta respecto a las otras extra forestales fue diverso.

Palabras clave: *Eucalyptus spp.*, *Entre Ríos*, *Corrientes*, *encuestas*, *plantaciones forestales*

1. INTRODUCCIÓN

Las cubiertas forestales se extienden a lo largo del mundo cumpliendo diferentes funciones, conformando diferentes estructuras y en diferentes contextos climáticos y sociales. Los cultivos forestales surgen con el objetivo principal de producir bienes, que sustituyan los que proveían los bosques nativos, y más recientemente como alternativas para la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático. Sin embargo, se han reportado cambios en los ciclos del agua, de nutrientes y del carbono, pero estos efectos dependen de los suelos, las condiciones climáticas y las coberturas que reemplazan (Carrasco-Letelier et al., 2004; Pérez et al., 2020; Sandoval López et al., 2020). El análisis de las formas de producción y usos de la tierra son temas recurrentes en la agenda de organismos gubernamentales y de la sociedad en general. La mayor proporción de tierras con este tipo de uso se encuentra administrada de forma privada, en consecuencia, quienes definen los objetivos de las plantaciones, el manejo silvícola y las actividades productivas en esas tierras, son actores clave para pensar las dinámicas y cambios de uso en el campo forestal (Khanal et al., 2017; Novais y Canadas, 2010). Las tendencias mundiales indican que este uso de la tierra seguirá en expansión, un efecto que no sólo se ve reflejado en el aumento concreto de la superficie de plantaciones, sino también en la generación constante de políticas de promoción. Muchos estudios señalan los bajos efectos de las políticas de promoción para la expansión de forestaciones en general y las prácticas de manejo en particular, y señalan la importancia de entender y caracterizar a quienes toman las decisiones sobre esas tierras (Feliciano et al., 2017; Ficko, 2019; Van Herzelea y Van Gossumb, 2008).

En Argentina, el proceso de establecimiento de plantaciones forestales de especies exóticas de rápido crecimiento tiene una historia relativamente reciente si se compara con regiones como las de los países nórdicos, pero relativamente similar si se compara con algunos países de la región. La actividad tuvo un constante aumento en superficie durante las últimas décadas, acompañada por varias herramientas de promoción, principalmente la Ley 25.080 (actualmente Ley 26.432), pero hay consenso en que la

¹ Instituto de Ecología Regional (IER-CONICET-UNT)-Autor de correspondencia: mplazabehr@gmail.com

² Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y ambientales (LISEA-UNLP)



tasa de aumento es menor a la esperada pese a las expectativas de aumento y la gran superficie con aptitud forestal potencial. Las plantaciones se concentran en gran parte en la región Mesopotámica del país y principalmente en base a los géneros *Pinus spp.* (pinos) y *Eucalyptus spp.* (eucaliptos). Misiones es la zona más estudiada en términos de manejo silvícola, socioecosistemas, tipos de productores y conflictos asociados a las plantaciones, asociado también a que ha sido zona pionera de la actividad, tanto por sus condiciones climáticas como por la instalación de grandes proyectos industriales. Existen pocos estudios en Corrientes y Entre Ríos respecto a la caracterización de los productores forestales, y en particular de los que cultivan *Eucalyptus ssp.* En este resumen se presentan resultados preliminares de una encuesta realizada con el objetivo de analizar las características de los productores forestales en función de aspectos sociales, económicos y tecnológicos, para concluir en una tipología basada en la relación entre estos aspectos y el tipo de manejo forestal aplicado. Ya que esta encuesta inició justamente en las Jornadas Forestales de Entre Ríos (JJFF) 2019, el objetivo particular de este trabajo es compartir con la comunidad forestal de la región los avances obtenidos respecto a las relaciones entre las diversas actividades productivas que realizan los productores forestales, su tamaño, su antigüedad y la importancia que representa la actividad forestal frente a otras.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca forestal del Río Uruguay comprende a las forestaciones que se desarrollan sobre una faja costera de aproximadamente 40 km de ancho donde predominan suelos aluviales producto de sucesivos depósitos de sedimentos, principalmente arenas, debido a los cambios del curso (hoy paleo-causes) del río Uruguay. Esta zona correspondiente a la región río Uruguay (Morello et al. 2012) es uno de los núcleos forestales de plantaciones e industrias asociadas a eucaliptos más importante de la Mesopotamia. Se extiende desde la ciudad de Paso de los Libres en Corrientes hasta la ciudad de Gualeguaychú en Entre Ríos, en la zona este de los departamentos de Gualeguaychú, Uruguay, Colón, Concordia, Federación, Monte Caseros y Paso de los Libres. La actividad forestal, se combina fuertemente con otras actividades importantes en la zona, como ganadería, agricultura y citricultura (INDEC, 2018), esta última con un marcado retroceso en las últimas décadas, pero estrechamente vinculada al proceso de desarrollo forestal (de la Peña, 2016). Según datos del Inventario Nacional de Plantaciones Forestales, existen 124.293 ha forestales en los cinco departamentos de Entre Ríos, mientras que en los del núcleo sureste de Corriente la superficie de estas plantaciones es de 72.215 ha (INPF-ER, 2017; Actualización INPF-C, 2018). En tanto que, según estimaciones propias, realizadas en base a los datos preliminares del Censo Nacional Agropecuario 2018, se calculan 98.778 y 43.936 ha, respectivamente. La superficie correspondiente a cultivos de *Eucalyptus spp.* se estima entre 130.000 y 170.000 ha en toda la cuenca, dependiendo del organismo. Finalmente, Sandoval (*com. pers.*) estima una superficie cercana a las 80.000 ha, diferencias probablemente asociadas a los momentos y metodologías utilizadas para las distintas cuantificaciones realizadas.

Definimos como productor forestal a las personas o entidades responsables de aportar el capital de la actividad, considerando de esta manera que son los responsables de la toma de decisiones y quienes definen los objetivos de producción. En los departamentos de Concordia, Colón y Federación se ha señalado la existencia de 577 unidades de manejo forestal (Díaz y Tesón, 2002), mientras que según el Registro de Bosques de la Provincia se menciona la existencia de 553 productores, y cuya estructura en función de la superficie se caracteriza por una gran cantidad de productores pequeños y una baja frecuencia de productores grandes, los cuales concentran aproximadamente el 65% de la superficie forestada (CEDEFI, 2013 en de la Peña, 2016). Para la caracterización de los productores se construyó una encuesta considerando las variables de nuestro objetivo de estudio, la bibliografía internacional al respecto y los aportes de referentes claves del sector. Un primer set de 12 encuestas semi estructuradas se realizaron a fines de 2019, muchas de ellas en el seno de las JJFF en la ciudad de Federación, Entre Ríos. En marzo 2020 el contexto de pandemia desencadenó un cambio de estrategia y la encuesta se modificó para poder implementarla de forma virtual. En esta reestructuración se consideraron las observaciones que se obtuvieron con las experiencias presenciales y se testeó con tres productores de diferente escala, consultando por la pertinencia, claridad y extensión de la misma. Con la herramienta Formularios de Google Docs (Alarco y Álvarez-Andrade, 2012) se conformó una



encuesta de 58 ítems estructurada en siete ejes, y en este trabajo se analizaron los primeros dos de ellos.

Para el muestreo se utilizó la metodología de bola de nieve (Naderifar et al., 2017) a distintas escalas. Se solicitaba que cada productor encuestado pueda recomendar otro colega, lo mismo con informantes claves como técnicos y extensionistas y también con referentes de grupos de productores, quienes la difundían en sus núcleos de colegas. Este tipo de metodologías mixtas fueron utilizadas por otros autores en regiones donde no existe un registro de productores o bases abiertas de datos (Feliciano et al. 2017; Tran et al. 2020; Van Herzele y Van Gossum, 2008). Los productores eran contactados por correo electrónico, aplicaciones de mensajería (WhatsApp) o por llamada telefónica. Si accedían a participar se les enviaba un correo electrónico con el enlace al formulario *on line* y si no contaba con ese medio de comunicación, se coordinaba una llamada telefónica. Se realizaron tres recordatorios en caso de que no se efectuara la respuesta. Este proceso de recolección confidencial de datos se realizó principalmente durante los meses de abril a julio de 2020. El entorno Google Forms recopila las respuestas obtenidas y permite descargar una base de datos en formato .csv, a esa base se le realizaron procesamientos de limpieza y ordenamiento en planillas de cálculo Libre Office. Para el análisis de las relaciones entre las actividades productivas, la superficie y la importancia forestal se realizó un análisis de Componentes Principales que permite detectar las principales asociaciones entre variables y la diferenciación entre productores en ese gradiente complejo. Para ello se utilizó el paquete `vegan()` y la manipulación de datos y las gráficas se realizaron utilizando los paquetes `dplyr()` y `plot()`, en el entorno R Studio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de formulación de la encuesta y de búsqueda de contactos de productores se entrevistaron a cinco referentes y se interactuó con más de diez actores claves del sector. A la fecha de esta publicación, se contactaron a 174 productores en la zona de estudio y se obtuvieron 71 formularios completos, con lo cual obtuvimos una tasa de respuesta del 40%. Este resultado es adecuado considerando estudios similares realizados en otras regiones forestales (Goyke et al., 2019; Van Herzelea y Van Gossum, 2008) y considerando también el contexto, la virtualidad y el aspecto intrínseco cultural respecto a la información personal. Como algunos productores tienen distintos campos en diferentes departamentos, se registraron por separado un total de 87 predios forestales. Estas unidades variaron entre 2 y 42.500 ha, con un total de 109.000 ha relevadas en toda la zona (Gráfico 1). Más del 80% de los productores indicaron que realizan otra actividad productiva, entre ellas la *ganadería* fue la más frecuente, seguida por *otras*. Esta categoría engloba todas las actividades extra agropecuarias como las profesiones liberales, el comercio y los servicios. Esto indica una estrecha vinculación de la actividad forestal con otras y donde muchas veces ésta no es la principal, sino que es complementaria o de inversión. Existe una relación entre la antigüedad de los productores, el tamaño y la importancia que representa la actividad forestal. Los productores grandes se establecieron antes de 1998 y con frecuencia, las forestaciones representan más del 80% de sus actividades. En los subsiguientes períodos, tienden a establecerse productores de tamaño pequeño o mediano, de diversa importancia forestal (Gráfico 2a). En el análisis de componentes principales (Gráfico 2b), estas relaciones también se vieron reflejadas. Las variables *año* y *superficie total* se relacionan de forma opuesta. Es decir, los productores se ubicaron sobre el Componente 1 (C1) en función de estas dos variables y los productores nuevos, los que se encuentra en la zona negativa del C1, son más pequeños que los que están en el lado positivo. Entre los productores de mayor tamaño, se diferenciaron aquellos más asociados a la *agricultura* como actividad complementaria, hacia el lado positivo del Componente 2 (C2), de aquellos en los que la actividad forestal fue más importante y se ubicaron hacia el lado negativo de este mismo eje.

Las diferencias en el C2 están relacionadas a la actividad *ganadera* en la mitad positiva y a *otras* actividades en la parte negativa de este componente, en consecuencia si los productores realizan actividades de ganadería u otras actividades (las no agropecuarias) no está asociado al gradiente de antigüedad, tamaño o importancia forestal, vectores asociados al C1. Los productores *citricolas* son pequeños y con baja importancia forestal. Los productores pequeños son más recientes, tienen poca



importancia forestal y pueden presentar actividad citrícola o ganadera (lado positivo del C2) o actividades no agropecuarias, hacia el lado negativo del C2. Es decir que para un productor citrícola la superficie forestal que administra representó menor importancia respecto de otras actividades, pero sí lo fue para los que tienen superficies más extensas. No se observó una relación entre *importancia forestal* y quienes realizan industrialización de la madera (*Industriales*). Es probable que esto suceda porque no tienen una necesidad de auto abastecimiento de materia prima, que les sea más costoso cosechar sus montes que comprar a externos o que el objetivo de tener plantaciones este más bien relacionado a la inversión o al ahorro y no a la oferta de madera.

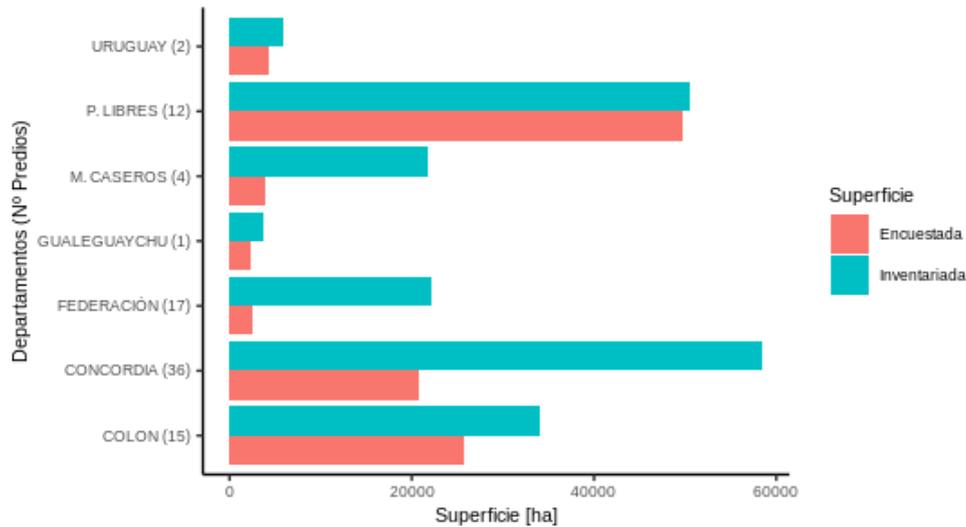


Grafico 1. Número de predios forestales y superficie forestal relevada por departamento. Se adicionó como referencia la superficie que se registra del Inventario Nacional de Plantaciones Forestales.

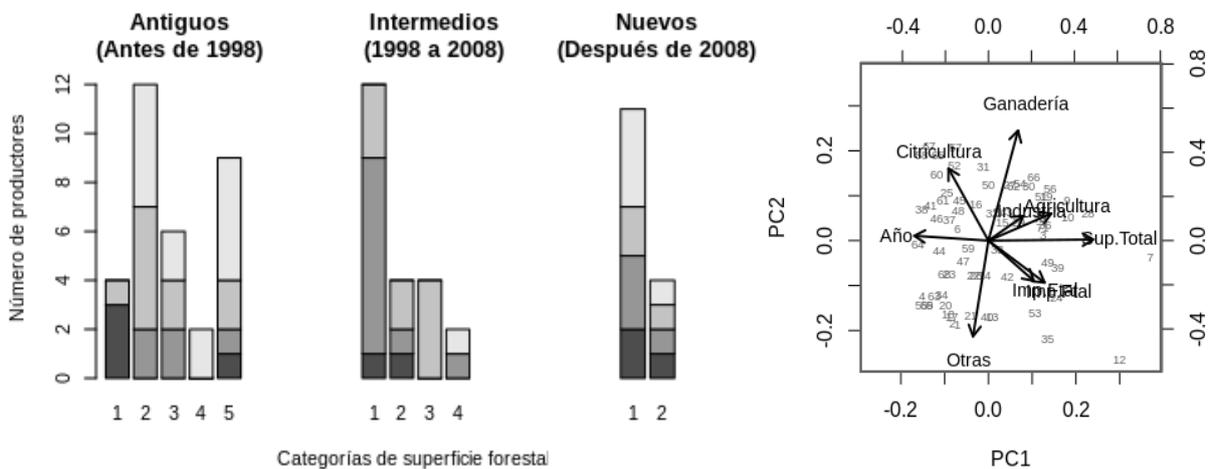


Grafico 2. a) Número de productores por tamaño e importancia forestal y antigüedad. 1 < 100 ha, 100 ha =< 2 < 500 ha, 500 ha =< 3 < 1500 ha, 1500 ha =< 4 < 3000 ha, 5 > 3000 ha. La escala de grises expresa la importancia que asignan a la actividad forestal <10%, 10 a 40%, 40 a 80%, >80%, tonos más claros indican mayores valores respectivamente. b) Análisis de componentes principales que muestra el ordenamiento de los productores de acuerdo a las componentes 1 y 2.

4. CONCLUSIONES

El grado de participación y aceptación de la metodología de muestreo superó las expectativas respecto a la tasa de respuesta. Fue frecuente encontrar comentarios respecto a la importancia del estudio, la predisposición para otra futura encuesta y el interés por conocer los resultados. En este sentido recomendamos la metodología propuesta, la estructura y las variables seleccionadas. Hasta el momento, obtuvimos relaciones entre las distintas actividades que realizan los productores forestales,



su tamaño, su antigüedad y la importancia que representa la actividad forestal respecto a otras. Los datos obtenidos aportan magnitudes cuantitativas respecto a la complejidad del sector y tienden más bien a desplegar un amplio abanico de preguntas que de respuestas. ¿Esta caracterización, permitirá identificar diferentes respuestas frente a cambios en el contexto político y económico? ¿Hay diferencias silvícolas que reflejen diferencias en la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con la dinámica del carbono? ¿Qué relación hay entre la matriz social agraria, la historia de uso y las dinámicas forestales actuales o las tendencias futuras? La superficie, la antigüedad y la importancia forestal son variables sencillas, de fácil y rápida medición, que podrían servir para inferir otras relaciones. Esperamos poder contrastarlas y encontrar cómo se relacionan con la silvicultura, los aspectos de la promoción forestal y las actitudes hacia la organización, entre otros, aspectos pendientes que esperan un minucioso análisis. Agradecemos a los productores, técnicos y referentes del sector por la predisposición y acompañamiento, e invitamos a quienes no hayan sido contactados a colaborar, ya que el proceso de muestreo aún no ha concluido.

5. LITERATURA CITADA

- ALARCO Y ÁLVAREZ-ANDRADE. 2012. Google Docs: una alternativa de encuestas online. *Educación Médica*, 15, 9-10.
- CARRASCO-LETELIER, EGUREN, CASTIÑEIRA, PARRA Y PANARIO. 2004. Preliminary study of prairies forested with *Eucalyptus* sp. at the northwestern Uruguayan soils. *Environ. Pollut.*, 127(1):49–55.
- DE LA PEÑA. 2016. “Entre jangadas, naranjas y eucaliptos” Trayectoria y dinámica socio-técnica de la actividad forestal en el noreste de Entre Ríos, desde los inicios hasta comienzos del siglo XXI. PLIDER, FCAyF, UNLP
- CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. 2018. Resultados preliminares, Agricultura. INDEC.
- DIAZ Y TESÓN. 2002. Unidades de Manejo Forestal en los Departamentos Federación, Concordia y Colón, del Nordeste de Entre Ríos. Concordia, E. E. A. - Centro Regional Entre Ríos.
- FELICIANO, BOURIAUD, BRAHIC, DEUFFIC, DOBSINSKA Y FICKO. 2017. Understanding private forest owners' conceptualisation of forest management: Evidence from a survey in seven European countries. *J. Rural. Stud.*, 162-176.
- FICKO. 2019. Private Forest Owners' Social Economic Profiles Weakly Influence Forest Management Conceptualizations. *Forests*, 10(11), 956.
- GOYKE, DWIVEDI, THOMAS. 2019. Do ownership structures effect forest management? An analysis of African American family forest landowners. *Forest Policy Econ.*, 106, 101959.
- INVENTARIO NACIONAL DE PLANTACIONES FORESTALES, Entre Ríos. 2017. Arturi, Goya, Sandoval López y Cellini.
- INVENTARIO NACIONAL DE PLANTACIONES FORESTALES. 2018. Actualización del inventario forestal de bosques implantados en la provincia de Corrientes. Consejo Federal de inversiones.
- KHANAL, GREBNER, MUNN, GRADO, GRALA Y HENDERSON. 2017. Typology of nonindustrial private forest landowners and forestry behavior: Implications for forest carbon sequestration in the southern US. *Small-Scale For.*, 16 (3), 419-434.
- MORELLO, MATTEUCCI, RODRÍGUEZ Y SILVA. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. Ed. OGA.
- NADERIFAR, GOLI, Y GHALJAIE. 2017. Snowball sampling: A purposeful method of sampling in qualitative research. *Strides in Development of Medical Education*, 14(3), 1-6.
- NOVAIS Y CANADAS. 2010. Understanding the management logic of private forest owners: A new approach. *Forest Policy Econ.*, 12(3), 173-180.
- PÉREZ, FRANGI, TESÓN, Y ARTURI. 2020. Transpiration Rates, Climate and Soil Water Balance of *Eucalyptus Grandis* Afforestation on Temperate Grasslands in ne Argentina. *J. Sustain. Forest.*, 1-15.
- SANDOVAL LÓPEZ, ARTURI, GOYA, PÉREZ, Y FRANGI. 2020. *Eucalyptus grandis* plantations: effects of management on soil carbon, nutrient contents and yields. *J. Forestry Res.*, 31(2), 601-611.
- VAN HERZELE Y VAN GOSSUM. 2008. Typology building for owner-specific policies and communications to advance forest conversion in small pine plantations. *Landscape Urban Plan.*, 87(3), 201-209.
- TRAN, SIRY, IZLAR, Y HARRIS. 2020. Motivations, business structures, and management intentions of large family forest landowners: A case study in the US South. *Forest Policy Econ.*, 118, 102244.

XXXIV JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RÍOS



ORGANIZADORES



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina



PATROCINADORES

