

Avances en el conocimiento y tecnologías productivas de especies arbóreas nativas de Argentina

Carla S. Salto y Ana María Lupi



INTA // Ediciones

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN *Colección*



■ Plantación de *Prosopis alba* a comienzo de la primavera



■ Primer etapa de crecimiento en vivero de plantines de *Prosopis alba*



■ Plantines de *Prosopis alba* listos para ser llevados a campo



■ Trabajo de poda en *Prosopis alba*

Avances en el conocimiento y tecnologías productivas de especies arbóreas nativas de Argentina

Carla S. Salto y Ana María Lupi
Compiladoras



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

Estación Experimental Agropecuaria Concordia

2019

630*5 Avances en el conocimiento y tecnologías productivas de especies arbóreas nativas de
Av15 Argentina / [Compiladoras]: Carla S. Salto ; Ana María Lupi. – Buenos Aires :
Ediciones INTA, 2019.
78 p. :il.

ISBN 978-987-8333-01-4 (digital)

i. Salto, Carla S., comp. ii. Lupi, Ana María, comp.

ARBOLES – IDENTIFICACION – TECNOLOGIA – PLANTACIONES – ARGENTINA – PLANTAS – NATIVAS

INTA – DD

Recopilación efectuada en el marco del PNFOR 1104073 “Bases silvícolas para sustentar la productividad de las plantaciones y los recursos del ambiente”

Fotografías: **Tapa:** Fondo: Leonel Harrand; Superiores (izq. a der.): Carla S. Salto, Rodolfo Martiarena; inferiores (izq. a der.): Rodolfo Martiarena, Tilda Ledesma / **Dorso de tapa:** Superior: Leonel Harrand; inferiores (de izq. a der.): Carla S. Salto, Leonel Harrand, Leonel Harrand / **Contratapa:** Rodolfo Martiarena / **Dorso de contratapa:** Superior: Martín A. Marcó; inferiores (de izq. a der.): Tilda Ledesma, Sara Barth, Tilda Ledesma, Martín A. Marcó / **Interior:** Capítulo *Prosopis alba*: Superior: Javier Oberschelp; inferiores: Leonel Harrand; Capítulo *Araucaria angustifolia*: Superior: Roberto Fernández; inferiores: Rodolfo Martiarena. Capítulo Otras Especies de la Selva Paranaense: Superior izquierda: Cristian Rotundo, superior e inferior derecha: Sara Barth; inferior izquierda: Paola Gonzalez.

Edición, diseño y diagramación:

Carla S. Salto

*Este libro
cuenta con licencia:*



Autores

Adriana T. Gómez - Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero - INTA

Aldo E. Keller - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Alejandra Von Wallis - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Ana María Lupi - Instituto de Suelos - INTA

Astor Emilio López - Estación Experimental Sáenz Peña - INTA

Carla S. Salto - Estación Experimental Agropecuaria Concordia - INTA

Celina M. Luna - Investigador Independiente de CONICET - Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), dependiente de Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de INTA

Cristian Rotundo - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Diego López Lauenstein - Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), dependiente de Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de INTA

Elías F. Brest - Estación Experimental Sáenz Peña - INTA

Ernesto H. Crechi - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Ezequiel Pozzi - Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba

Fernando Rossi - Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero

Gustavo Pedro Javier Oberschelp - Estación Experimental Agropecuaria Concordia - INTA

Javier Gyenge - Investigador independiente de CONICET - Agencia de Extensión Rural Tandil de INTA

Jorge Costa - Campo Anexo Manuel Belgrano - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Jorge Frangi - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata.

Jonathan Redes - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Juan Goya - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata

Juan J. Zurita - Estación Experimental Sáenz Peña - INTA

Julieta M. Rojas - Estación Experimental Sáenz Peña - INTA

Laura Fraschina - Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), dependiente de Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de INTA

Leonel Harrand - Estación Experimental Agropecuaria Concordia - INTA

María Florencia Roldan - Estación Experimental Sáenz Peña - INTA

Mariana Melchiorre - Investigador Adjunto de CONICET - Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), dependiente de Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de INTA. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (FCEfyN) de la Universidad Nacional de Córdoba

Martín H. Zarate - Campo Anexo Estación Forestal Villa Dolores, dependiente de Estación Experimental Agropecuaria Manfredi - INTA

Mauricio Ewens - Estación Experimental Fernández - Universidad Católica de Santiago del Estero.

Mónica B. Sagadín - Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), dependiente de Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de INTA

Norberto Pahr - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Otto Knebel - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Paola A. González - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Patricia Schmid - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Roberto Fernández - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones.

Rodolfo Martiarena - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Sandra Bravo - Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero

Sara R. Barth - Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo - INTA

Sebastian M. Kees - Campo Anexo Estación Forestal Presidencia de la Plaza, dependiente de Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña - INTA

Contenido

Prólogo	7
1. <i>Prosopis alba</i>	10
1.1. Introducción.....	11
1.2. Efecto del tamaño de envase y calidad del sustrato utilizado sobre la calidad del plantín de <i>Prosopis alba</i>	12
1.3. Evaluación simultánea de la fertilización e inoculación con hongos micorrícicos arbusculares nativos en plantines de <i>Prosopis alba</i>	15
1.4. Hongos micorrícicos arbusculares nativos como estrategia para la mitigación del estrés salino en <i>Prosopis alba</i>	19
1.5. Evaluación simultánea de la fertilización e inoculación con rizobios nativos en plantines de <i>Prosopis alba</i>	22
1.6. Desarrollo y evaluación de una solución nutritiva para la fertilización de plantines de <i>Prosopis alba</i>	26
1.7. Identificación de las características edáficas determinantes de la calidad de sitio para el cultivo de <i>Prosopis alba</i>	29
1.8. ¿Cuál es el efecto de la poda y la densidad de plantación en el crecimiento de los algarrobos?	32
1.9. Determinación del momento oportuno de raleo de algarrobo blanco en plantaciones: técnica alternativa para la medición de anillos de crecimiento	35
1.10. Tolerancia a la sequía en algarrobo blanco	39
2. <i>Araucaria angustifolia</i>	42
2.1. Introducción	43
2.2. Evaluación simultánea de tipo de envase, compactación de sustrato y fertilización en vivero	44
2.3. Efecto de la preparación de terreno sobre la productividad de <i>Araucaria angustifolia</i> y su impacto sobre las propiedades del suelo	46
2.4. Incremento en la productividad de plantaciones de <i>Araucaria angustifolia</i> por efecto de la fertilización en medio término	48
2.5. Efectos del raleo sobre el crecimiento y la producción de madera de <i>Araucaria angustifolia</i> en el Noroeste de Misiones, Argentina	50
2.6. Impacto potencial de la cosecha "árbol entero" en plantaciones de araucaria sobre el contenido de N y P en áreas de suelos rojos	53
2.7. Ecuaciones de volumen y forma para <i>A. angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze cultivada en la zona norte de la provincia de Misiones, Argentina	57
3. Otras Especies de la Selva Paranaense.....	58
3.1. Introducción	59
3.2. Fenología de <i>Cordia trichotoma</i> y <i>Cabralea canjerana</i> en un remanente arbóreo de San Antonio, Misiones, Argentina	60
3.3. Crecimiento de 3 especies latifoliadas nativas a cielo abierto y bajo dosel de pino hasta los 12 años de edad en Misiones, Argentina (<i>Cordia trichotoma</i> , <i>Balfourodendron riedelianum</i> , <i>Enterolobium contortisiliquum</i>)	64
4. Publicaciones derivadas de las investigaciones.....	68
5. Fuente de financiamiento de las investigaciones.....	70
6. Bibliografía.....	71

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) por el aporte realizado a través de sus Proyectos Específicos (PE) y Proyectos Regionales con Enfoque Territorial (PReT), los cuales se encuentran enmarcados en los distintos Programas Nacionales del INTA.

A Leandro Arce, técnico forestal por el Parque Chaqueño perteneciente a la Subsecretaría de Desarrollo Foresto Industrial del Ministerio de Agroindustria de la Nación, por los datos brindados.

Al Ing. Agr. Mauricio J. Ewens director de la Estación Experimental Fernández por el ensayo Nelder implantado en la E.E. Fernández en el marco del convenio entre Dirección de Producción de la provincia de Santiago del Estero, Universidad Católica de Santiago del Estero y el INTA.

A los auxiliares de campo de la EEA Concordia, especialmente a Santiago Álvarez Cettour, Nicolas Alanís y Ramón Eyman por los cuidados brindados durante los ensayos.

Al personal de campo de INTA Montecarlo, en especial a Jorge Costas, Ramón Alcaraz, Lucas Giménez, Diego Aquino y a la Lic. Pamela Alarcón por la colaboración en el trabajo de recolección de datos fenológicos y meteorológicos.

A los investigadores, extensionistas, estudiantes y productores que trabajaron en el proyecto Sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco para la región chaqueña (Convenio INTA-UCAR). Al PRET Centro EEA Santiago del Estero. A la empresa NCG AGRIS - establecimiento "El crepúsculo" (Herrera) por disponer de sus campos para ser demostradores. A la Sra. Marita Kanter, al Ing. Mauricio Ewens, al Ing. Gustavo López y al Ing. Alejandro Radrizzani de la UCSE, UNSE y el IIACS por permitir los muestreos en las plantaciones que ellos gestionan.

Al equipo de Ediciones INTA, en especial a Laura Lima, por todo el apoyo brindado durante el proceso de gestión del libro.

Y a todas aquellas personas que hicieron posible la publicación de esta memoria.

Prólogo

Al momento de la Exposición Universal de París de 1889, el ex inspector Nacional de Bosques de la República Argentina Gustavo Niederlein, informaba en “La Riqueza Forestal de Argentina”, que la superficie poblada de árboles o arbustos era de 135.350.000 de hectáreas. Años después, luego de la sanción de la Ley N. ° 13.273 en 1947, la Administración Nacional de Bosques informaba que la superficie forestal era de 63.000.000 ha. Al momento del Primer Inventario Forestal Nacional en 1999, aquella superficie se había visto reducida a 31.000.000 ha, estimándose que en la actualidad alcanza los 26.000.000 ha. La reducción constante de la superficie, independientemente de que algunas determinaciones de superficies ofrezcan dudas, debido principalmente al avance de la frontera agropecuaria, también ha tenido su correlato en la calidad de los mismos, lo cual motiva que FAO califique a los mismos en categoría II.

Esta situación exigía y exige, el desarrollo de una silvicultura específica, tanto para mantener el capital forestal mediante cortas de regeneración, como conformar nuevos bosques y/o restaurar/rehabilitar aquellos degradados por la explotación selectiva. Esto fue percibido por los primeros forestales de la Administración de Bosques, quienes se abocaron al proceso de domesticación de especies nativas en varios viveros de una red que se constituyó luego de 1947. También algunas provincias tuvieron y tienen roles destacados, como Santa Fe, que a partir de 1930 constituyó el vivero Santa Felicia, el cual aún mantiene parcelas de ensayos de especies nativas de inicios de la década de 1940.

Sin embargo, el proceso de selección, domesticación y dispersión de especies forestales nativas quizás haya comenzado antes de la conquista. Varios autores se refieren al rol que desempeñaron en esos procesos los pueblos originarios del NOA con “El Árbol” (Tacku en quichua refiere a varios algarrobos) o con “Curi” (*Araucaria angustifolia*), los cuales proveían de semillas alimenticias. También durante el periodo de la colonia, este proceso siguió delante de la mano de la “Compañía de Jesús”, quienes domesticaron y cultivaron la yerba mate, árbol del estrato intermedio de la Selva Paranaense. Este conocimiento se perdió con la expulsión de los mismos de Las Misiones, siendo recuperado por Carlos Thays a fines del siglo XIX. Años más tarde, a través del impulso dado por el Ministerio de Agricultura de la Nación se inició el proceso de plantación de *Ilex paraguayensis*, del que obtenemos la bebida emblemática de la Argentina y el principal producto forestal no maderable del país.

De ese período de construcción de conocimiento sobre nuestros recursos con base científica, surgen nombres entrañables para quienes han tenido oportunidad de tratarlos o conocer su trayectoria, Ragonese, Tortorelli, Mutarelli, Leonardis, Cersosimo, Valentini, Volkardt, Gartland, para nombrar algunos de ellos.

A partir de los estudios de comportamiento de orígenes de *Araucaria angustifolia* realizados en INTA por W. Barrett y J. Fahler, como la inclusión de *Prosopis alba* en 1988 en el régimen de promoción forestal de la Ley N. ° 21.695, que solo promovía al pino Paraná entre las nativas, a propuesta de M. Romano, el interés por el algarrobo encontró eco en un grupo liderado por U. Karlim de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Córdoba. Estos trabajos y acciones sentaron las bases de los estudios más profundos que se llevaron adelante con especies autóctonas. La consolidación del Programa Forestal de INTA, que absorbe las funciones del IFONA a partir de 1991 y los sucesivos proyectos de apoyo a la investigación forestal, con financiamiento del BID y BIRF, llevados adelante a través de la Secretaría de Agroindustria, contribuyó también a elevar la investigación forestal y con fuerte impacto en la domesticación y silvicultura de especies nativas.

A estos factores debe sumarse la sanción de la Ley N. ° 26.331, la cual estableció a través del ordenamiento territorial, las zonas donde debe preservarse el bosque nativo. Aspecto que no pudo cumplimentarse a través de la Ley N. ° 13.273, que nunca pudo reglamentar el artículo referido a suelos

forestales, y que es básico para el ordenamiento forestal, llevar adelante prácticas silvícolas y concurrente con el principio de perpetuidad o persistencia de los bosques. Ello y el reciente lanzamiento del Plan Nacional de Restauración de Bosques Nativos, con proyectos en ejecución a partir del 2018 y otras regulaciones provinciales, generan un entorno donde la demanda de conocimiento sobre el comportamiento de nuestras especies nativas se incrementa de manera permanente.

No son menores, en el contexto de Calentamiento Global por los GEI, los acuerdos internacionales a los cuales Argentina adhiere. El COP 21 nos compromete a reducir las emisiones de GEI a través de diferentes mecanismos, uno de ellos es el manejo de los bosques y su restauración. Más recientemente la ratificación del Acuerdo de Bonn y la Iniciativa 20x20 promueven la restauración de bosques, contribuyendo a incrementar la demanda de conocimientos silviculturales a tales fines.

Este libro, que reúne sintéticamente la experiencia sumamente enriquecedora de la domesticación de especies nativas, contribuirá a dar un soporte técnico a las decisiones que tomen quienes gestionan los recursos forestales, tanto desde lo público como lo privado. El apoyo a la investigación de los mismos puede y debe contribuir no solo al éxito de los proyectos que surjan, sino fundamentalmente a la mejora de la calidad de vida de quienes habitan el bosque, a la restauración de suelos, a la regulación hídrica y a la biodiversidad, dando respuestas a los nuevos paradigmas que plantean la bioeconomía y la economía circular.

Agradeciendo a los autores esta valiosa contribución, sabemos que hay muchos desafíos aun que enfrentar: ¿Habrán nuevas posibilidades para la industria química, para la producción de forrajes, de medicamentos, de alimentos? ¿Podemos avanzar en la silvicultura de los bosques secundarios?, un gran deber de la Ciencia Forestal dada su complejidad. Estas respuestas encontrarán cabida en las nuevas generaciones de investigadores y seguramente esta contribución será la base y motivación para estos nuevos retos. Muchas experiencias silvícolas anteriores han carecido de continuidad en el tiempo o no fueron debidamente registradas. El presente libro, realizado con un esfuerzo encomiable de los editores y autores de los distintos capítulos, condensa y pone al alcance de productores, ambientalistas, estudiantes, docentes e investigadores, en forma amena, pero sin perder el rigor técnico y científico, los avances en el campo de la silvicultura de nuestras principales especies nativas.

Ing. Ftal. (MSc.) Hugo Enrique Fassola
Coordinador del Programa Nacional Forestales

Prosopis alba, *Araucaria angustifolia*, *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana*, *Enterolobium contortisiliquum* y *Balfourodendron riedelianum*, son especies relevantes para la Argentina y particularmente en las ecorregiones Parque Chaqueño y Selva Paranaense. Las características, funcionalidad y propiedades de su madera para usos diversos fueron el eje de su explotación en bosque nativo y el motivo de estudio para su cultivo en bosques monoespecíficos y coetáneos. Además de las excelentes características de su madera de alto valor, hoy no hay dudas sobre el rol de estas especies en la provisión de servicios ecosistémicos y su contribución a la seguridad alimentaria. Algunos ejemplos de ello es su cultivo para la recuperación de áreas degradadas, la producción de frutos y harinas con fines comestibles, la generación de madera para energía, la producción de artesanías y sus beneficios ambientales y productivos en sistemas integrados o consociados como los sistemas silvopastoriles o agroforestales.

La mejora continua de la productividad de las plantaciones, y la calidad y diversidad de servicios que ofrecen, es cada vez más importante. Ello solo se logra con nuevos conocimientos y tecnologías transferibles; de esto se trata la silvicultura aplicada y es lo que queremos exponer a partir de este documento.

Se trata de un compilado de reportes de las investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del INTA sobre la silvicultura de especies nativas, considerando aspectos que van desde la viverización, el manejo silvícola en bosques monoespecíficos hasta aspectos ambientales. En nuestra institución, la investigación sobre la silvicultura de especies nativas tiene una historia variable según las ecorregiones. En el caso de especies como *Araucaria angustifolia* probablemente sea una sobre la cual más conocimiento se ha generado; en cambio, en el caso de Algarrobo, recién en la última década se han obtenido resultados que han permitido posicionar a la Institución como un referente en Argentina.

Este documento resume los resultados de trabajos generados por una red de investigadores de Estaciones Experimentales e Institutos de INTA, en articulación con Universidades del país y el CONICET. Pretendemos que esta publicación permita visualizar en forma conjunta la naturaleza de los trabajos y la dimensión institucional de la experimentación. Se intentó que los reportes sean breves, claros y amigables, pero que reflejen adecuadamente los problemas en estudio, objetivos de trabajo, las circunstancias, los resultados y recomendaciones. Se pretendió además que el compilado generado haga visible los grupos de investigadores involucrados y sus vínculos.

Los destinatarios de esta publicación son profesionales, productores, estudiantes y público en general. Esperamos que la misma alcance su cometido: transferir las tecnologías y las bases de conocimiento que se han alcanzado para que puedan ser tomadas como referencia en el proceso de toma de decisiones.

Agradecemos a los contribuyentes de esta obra por el compromiso, trabajo y dedicación.

Ing. Agr. (MSc.) Roberto A. Fernández

Coordinador del Proyecto Integrador 1104071

Ing. Ftal. (MSc.) Ana María Lupi

Coordinadora Proyecto Nacional Forestal 1104073



Prosopis alba



1.1. Introducción

Las especies del género *Prosopis* representan un potencial forestal y maderero de suma importancia desde un aspecto ecológico como económico. *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco) es una de las especies nativas de mayor valor comercial y de amplia distribución en Argentina, abarcando las regiones fitogeográficas Parque Chaqueño, Espinal y noroeste del Monte, constituyendo un recurso muy importante por su multiplicidad de usos y proporcionar una amplia gama de productos derivado de ella (madera, frutos, recuperación de áreas degradadas, entre otros); y debido a sus cualidades ha sido excesivamente explotado provocando la degradación de sus bosques.

La presencia de forestaciones con algarrobo blanco aseguraría a la industria ya existente, la oferta de madera de excelente propiedades para los diferentes usos en la que es empleada, reduciendo de esta manera la presión sobre el monte nativo. El fomento del cultivo de especies maderables nativas a través de subsidios estatales, implementados a través de la Ley N.º 25.080 (y su continuación Ley N.º 27.487) y Ley N.º 26.331, constituyen una herramienta importante para el inicio de la capitalización, recuperación de áreas marginales y la diversificación productiva. Sin embargo, la forestación con especies nativas se encuentra limitada por la escasez de materiales básicos como semillas y plantines, falta de tecnificación en viveros, mala calidad de plantines, la escasa base científico-tecnológica sobre conducción silvicultural y manejo en plantaciones que permita establecer turnos adecuados de aprovechamiento.

Actualmente se estima que existen alrededor de 9.000 ha forestadas con algarrobo blanco, sin considerar aquellas forestaciones que se establecieron fuera del marco de la Ley N.º 25.080. La mayoría de éstas plantaciones se encuentran en sitios de media a baja calidad y caracterizadas por la ausencia de un manejo silvicultural. Esta situación puede deberse a la existencia de un desconocimiento respecto a la producción del algarrobo blanco bajo diferentes condiciones de sitios, de su potencial ecológico y la falsa percepción de su lenta velocidad de crecimiento.

Una mayor calidad de madera asociada a una capacidad adaptativa y de supervivencia, posibilitan que el algarrobo blanco pueda desarrollarse en sitios, que por sus condiciones ecológicas, no son aptas para las especies forestales introducidas de rápido crecimiento como los eucaliptos, pinos o salicáceas (Marcó et al. 2016).

En este contexto y ante la necesidad de generar información sobre condiciones adecuadas de producción y manejo de una especie de enorme potencial de uso, como lo es el algarrobo blanco, el objetivo que se persigue en este apartado es el de brindar herramientas a los viveristas y productores con la finalidad de mejorar la calidad productiva y rentabilidad de sus producciones, reuniendo todos los resultados conseguidos hasta el momento en las distintas investigaciones llevadas a cabo en esta especie.

1.2. Efecto del tamaño de envase y calidad del sustrato utilizado sobre la calidad del plantín de *Prosopis alba*

Carla S. Salto, Leonel Harrand, G. P. Javier Oberschelp, Mauricio Ewens

Generalmente, en la producción tradicional de plantines de algarrobo blanco los canteros de cría se encuentran a nivel del suelo, se emplean bolsas de polietileno como “contenedor” y el

sustrato está conformado por una mezcla de mantillo de monte y tierra, o bien, por tierra y arena (Figura 1). Esto provoca que el plantín obtenido no sea de la calidad requerida (por problemas para el crecimiento radicular que influyen en el consumo de agua y de nutrientes), además de presentarse condiciones operativas que determinan una menor eficiencia en el proceso de producción (excesivo peso de macetas, dificultad en el traslado de las plantas al sitio de plantación, entre otras).



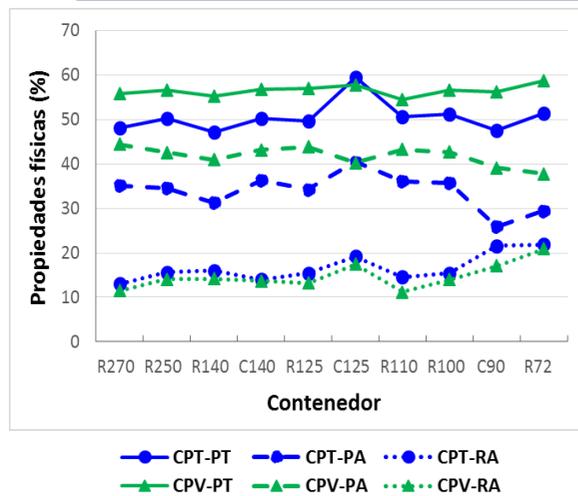
❖ **Figura 1. Vivero tradicional y plantines en bolsas de polietileno empleadas en la producción de plantas de algarrobo blanco. Foto: Mauricio Ewens.**

La producción de plantas en contenedor es un sistema que permite reducir los inconvenientes anteriormente mencionados, debido a que se pueden manejar las distintas componentes involucradas (como el contenedor, sustrato, luz, riego, fertilización, etc.). En Argentina se comercializan contenedores de diferentes tamaños y formas, con escasa información acerca de su aptitud para producir diversas especies forestales nativas como el caso del algarrobo blanco. El uso de sustratos con este sistema de producción requiere que el mismo presente un adecuado balance entre aireación y disponibilidad de agua para el óptimo desarrollo de la planta, en consecuencia se torna necesario realizar la caracterización físico-química de los sustratos a emplear, evaluar la respuesta de las plantas a estos medios de crecimiento y a las dimensiones de los contenedores. En este contexto, se llevaron a cabo dos ensayos de vivero en la Estación Experimental Agropecuaria Concordia de INTA (Entre Ríos) y en

la Estación Experimental Fernández de la Universidad Católica de Santiago del Estero (Santiago del Estero). Los mismos estuvieron orientados a evaluar el efecto del tamaño del contenedor, las propiedades físicas de los sustratos y las condiciones ambientales, sobre el crecimiento de los plantines. Para ello, se probaron diez tipos de contenedores marca Dassplastic® con diferentes combinaciones de alturas y volúmenes (R270, R250, R140, C140, R125, C125, R110, R100, C90 y R72) (Figura 2) en combinación con los sustratos de corteza de pino, perlita y vermiculita en proporción 2:1:1 v/v; corteza de pino y tierra (3:1 v/v), evaluándose el crecimiento de los plantines de algarrobo blanco a través del diámetro al cuello, altura total y la formación de cepellón¹. En laboratorio se determinaron sobre los contenedores las propiedades físicas de porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA) y

¹ **NOTA:** se tomó como base los requerimientos nutricionales para *Eucalyptus grandis* indicado por Silveira et al (2001)

retención de agua (RA) de los sustratos. A partir de los resultados se desprende que las propiedades físicas están en función de las características del contenedor (tamaño y forma) y del tipo de sustrato (propiedades de los distintos componentes y grado de compactación). En general, los mayores valores de PT y PA se registraron en el sustrato conformado por corteza de pino, perlita y vermiculita, mientras, que la mayor RA se presentó en el sustrato a base de corteza de pino y tierra (Figura 2).



❖ **Figura 2. Contenedores evaluados y sus propiedades físicas de porosidad total (PT), porosidad de aireación (PA) y porosidad de retención de agua (RA) de los sustratos corteza de pino, perlita y vermiculita (CPV) y corteza de pino y tierra (CPT). Foto: Mauricio Ewens.**

Los estándares universalmente definidos de las propiedades físicas óptimas de los sustratos para la producción de plantines forestales varían entre los

distintos autores, pero en general se sugieren valores para la porosidad total (PT) entre 50-85%, para la porosidad de aireación (PA) entre el 20-30% y la retención de agua (RA) entre 20-25%.

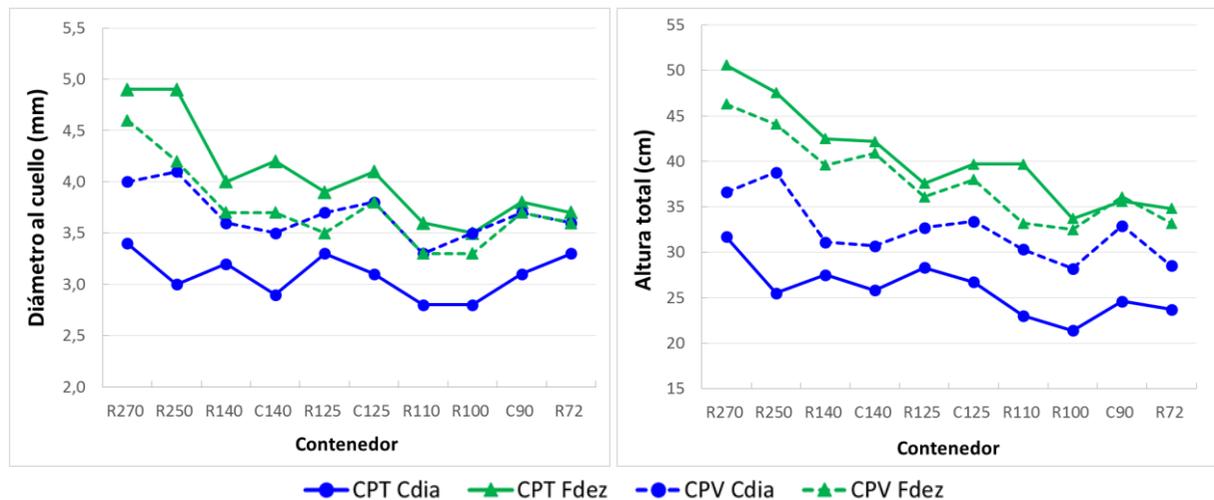
En ambos sustratos evaluados, los contenedores menos profundos y de menor volumen (R72 y C90) provocaron una mayor retención de agua y una menor porosidad de aireación (Figura 2). La altura del contenedor es la característica que más se relaciona con la retención de agua, por lo tanto, cuanto mayor sea la altura que presente el contenedor, menor será la capacidad del sustrato para retener agua y viceversa. Si un sustrato no tiene una buena proporción de poros de aireación y poros de retención de agua se pueden presentar los siguientes problemas: excesiva aireación, menor eficiencia en el uso del agua y fertilizantes, encharcamiento durante el riego que provoca problemas de aireación y drenaje, o bien que las raíces se agrupen en la parte superior del contenedor produciendo un débil enraizamiento porque que apenas exploran la parte central del sustrato y tienden a enrollarse afectando la supervivencia de la planta.

El crecimiento en diámetro al cuello y altura total en el ensayo de Concordia, estuvo bien diferenciado de acuerdo al sustrato y al tipo de envase presentándose los mayores incrementos promedios en el sustrato de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita y en los contenedores de mayor capacidad (R250 y R270). En el ensayo de Fernández, en cambio, no se observaron diferencias en cuanto al sustrato pero se observó una clara diferenciación de los contenedores de mayores dimensiones principalmente en el sustrato de corteza de pino y tierra. En ambos sustratos y sitios, los menores crecimientos en diámetro y altura se obtuvieron en los contenedores R110 y R100 (Figura 3).

En general se observó que al aumentar el volumen y el diámetro del contenedor (ej. R250) los diámetros y las alturas de los plantines eran mayores comparados con contenedores de sección más estrecha (ej. R72 o R110) (Figura 3). Algunos autores indican que la sección transversal del contenedor tiene una marcada influencia en el crecimiento y en el tiempo de formación y la

calidad del cepellón de los plantines. Sin embargo, frente a esta superioridad de crecimiento en los contenedores de mayores dimensiones, se debe tener en cuenta que estos ocupan más espacio en

el vivero y prolongan el tiempo necesario para obtener un plantín, lo que incrementa los costos de producción, dificulta el almacenamiento y transporte hacia el sitio de plantación.



❖ **Figura 3. Crecimiento en diámetro al cuello y altura total de plantines de algarrobo blanco en dos condiciones de vivero: Concordia y Fernández.**

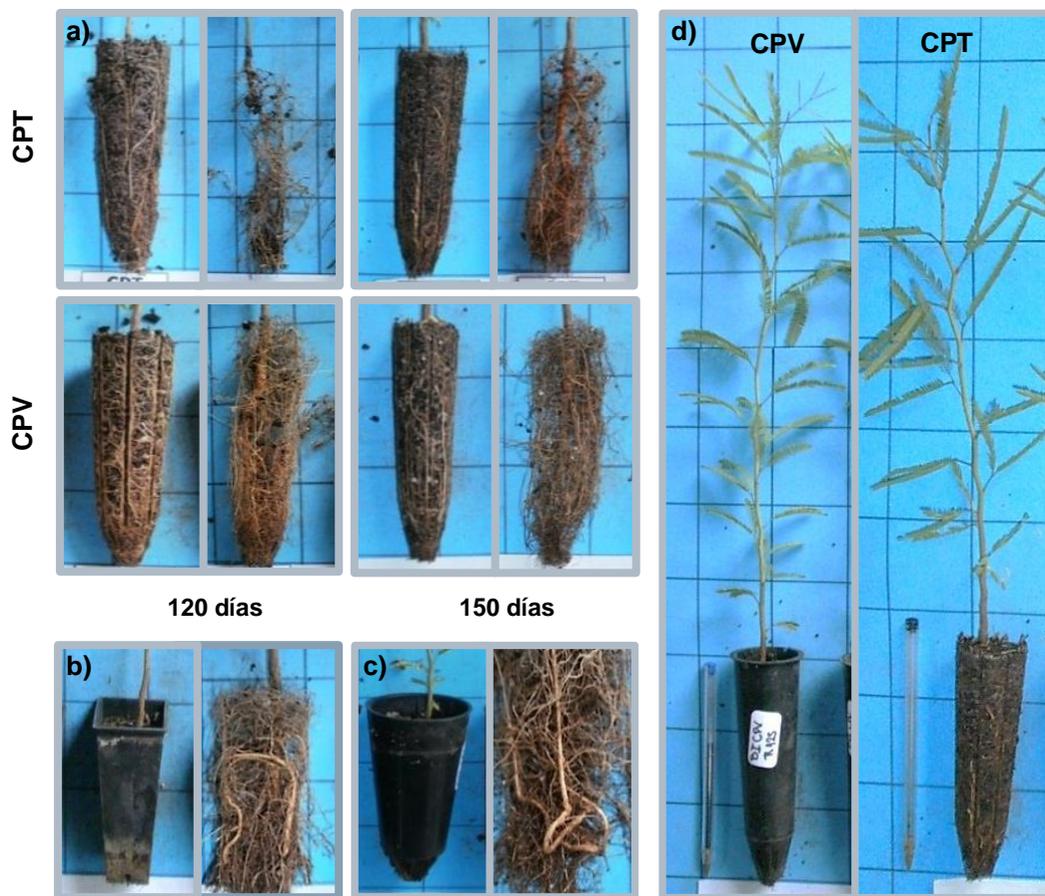
La formación del cepellón estuvo favorecida en el sustrato de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita, presentando mayor firmeza y sin disgregación, además de mostrar un mejor desarrollo y abundancia de raicillas (Figura 4a). También se observaron algunos problemas de deformaciones radiculares, como el “enrulamiento”, consecuencia del diseño del contenedor y por la permanencia excesiva del plantín dentro del mismo en algunos casos (Figura 4b y 4c). Puede decirse que el plantín está en condiciones de ser llevado a campo cuando alcance una altura de 20-35 cm y cuente con un diámetro a la altura del cuello de 2,5 a 3,5 mm, además de verse vigorosas y con buen estado sanitario, pero fundamentalmente debe tener un cepellón firme (Figura 4d).

En Concordia el tiempo de producción estuvo entre los 80-100 días para los contenedores de dimensiones pequeñas e intermedias y entre los 120-140 días para los de mayores dimensiones. En el caso de Fernández, los plantines producidos en los contenedores de menor capacidad estuvieron entre los 70-80 días y los de mayores dimensiones entre los 90-100 días. Los algarrobos en general tienen requerimientos térmicos elevados, y quizás la razón por la cual hubo diferencias de

crecimiento entre ambos viveros puede haber sido consecuencia de las temperaturas registradas durante el periodo de producción. Las mayores temperaturas (media, máxima y mínima media) se registraron en el ensayo de Fernández, con diferencia de hasta 4 °C con respecto al ensayo de Concordia. En plantines, un incremento en la temperatura puede traducirse en un aumento del crecimiento o una mayor elongación de la raíz.

Consideraciones finales

Los tipos de contenedores y sustratos evaluados permiten ampliar las alternativas de los viveristas, cuya producción se encuentra circunscripta al empleo de bolsas plásticas y tierra como sustrato. Los sustratos evaluados en simultáneo con los distintos contenedores, se consideran apropiados para su utilización en la producción de algarrobo blanco. En virtud de los resultados el contenedor R125 podría ser empleado para la producción comercial de algarrobo blanco, ya que combinaría los menores costos y la obtención de plantines de calidad. Para que la producción de plantas de algarrobo blanco en contenedor se consolide y sea adoptada por los viveristas se hace necesario mantener un proceso continuo de transferencia y capacitación de los actores involucrados.



❖ Figura 4. a) Desarrollo radicular en el envase R125, en ambos sustratos en diferentes tiempos. b) Deformación radicular en contenedor C90. c) Deformación radicular en contenedor R250. d) Plantín de 120 días en ambos sustratos en contenedor R125 en Concordia. Fotos: Carla S. Salto.



1.3. Evaluación simultánea de la fertilización e inoculación con hongos micorrícicos arbusculares nativos en plantines de *Prosopis alba*

Carla S. Salto, Mónica Sagadin, Celina M. Luna, G. P. Javier Oberschelp, Leonel Harrant

Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son microorganismos del suelo que establecen relaciones simbióticas con la mayoría de las plantas. Estos hongos brindan una serie de beneficios a las plantas como la facilitación y asimilación de ciertos nutrientes o el aumento en la tolerancia a diversos tipos de estrés biótico y abiótico. Por esta razón es importante que las

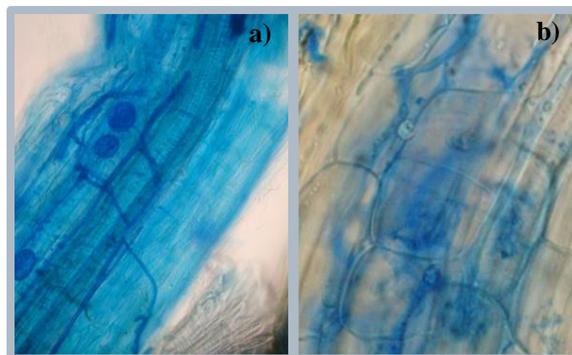
plantas que deban llevarse a campo sean inoculadas con HMA en la etapa de vivero con el objetivo de mejorar la implantación en condiciones de campo (Barrera 2009, Quiñones-Aguilar et al. 2014).

La implementación de la fertilización ecológica (abonos verdes o microorganismos benéficos como los HMA) es de gran interés como alternativa ecológica para disminuir el uso de fertilizantes convencionales (Barrera 2009). En la producción de plantas en contenedor, la fertilización se utiliza para reponer o aportar al sustrato los nutrientes necesarios para el plantín. Los HMA al interactuar positivamente con las plantas pueden ser empleados en forma complementaria a la fertilización, y en

consecuencia ser manipulados y utilizados en el vivero, para mejorar el aprovechamiento del fertilizante y la asimilación de los nutrientes por parte de la planta. En Argentina existen pocos estudios sobre los HMA nativos aislados de zonas de algarrobales, además de que existen escasos antecedentes acerca de los efectos de las micorrizas sobre la calidad del plantín, sobre la tolerancia al estrés abiótico, y de cómo la fertilización puede afectar el establecimiento de la simbiosis con estos microorganismos en vivero.

Como continuación de las investigaciones en vivero, se llevó a cabo un ensayo en la EEA Concordia para evaluar el efecto y las interacciones de la inoculación con HMA nativos y la fertilización, sobre el crecimiento de los plantines de *P. alba*. Se sembraron las semillas directamente sobre contenedores R125 de Dassplastic® (125 cm³ de capacidad) empleando como sustrato la mezcla de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en proporción 2:1:1 v/v. Los plantines de *P. alba* recibieron tres niveles de fertilización² (SF, 25% y 100%) y fueron inoculados con HMA nativos aislados de rodales naturales de *P. alba* provenientes de Colonia Benítez (CB, 1.300 mm de precipitación anual provincia de Chaco), Padre Lozano (PL, 650 mm de precipitación anual provincia de Salta) y mezcla de ambos inóculos (MIX), mientras que el grupo control no fue inoculado. La inoculación se realizó en el momento de la siembra. Las variables que se analizaron fueron diámetro al cuello, altura total y número de hojas por plantín medidos a los 120 días de edad. Se determinó el porcentaje de micorrización por el método de tinción de raíces (Philips y Hayman 1970) y la visualización de las estructuras de los HMA se hizo mediante microscopio óptico (McGonigle et al. 1990).

La fertilización de los plantines inoculados con HMA no influyó sobre la colonización del hongo en las raíces de los plantines de *P. alba*, registrándose un porcentaje de micorrización similar en los tres inóculos. Además, se observó la formación de arbusculos y vesículas (Figura 5) que son característicos de estos hongos.

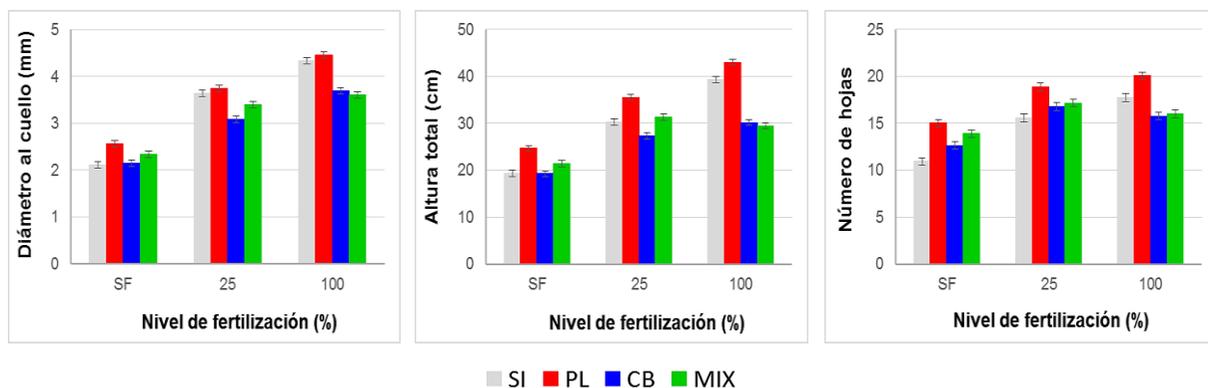


❖ **Figura 5. Raíces micorrizadas de plantines de algarrobo blanco. a) Hifas y vesículas b) Arbusculos. Fotos: Mónica Sagadin.**

En vivero, se observó que el efecto de la fertilización es diferente para los distintos inóculos. En el tratamiento sin fertilizar (SF) los plantines no inoculados (SI), presentaron el menor crecimiento en diámetro, altura y número de hojas; mientras que, los plantines que fueron inoculados con HMA, mejoraron la respuesta en el crecimiento, destacándose el inóculo PL. Por su parte, los plantines no inoculados (SI) pero fertilizados al 25% y 100%, mejoraron el crecimiento en forma significativa (Figura 6). La aplicación simultánea de HMA y fertilización (25% y 100%) mejoró el comportamiento del inóculo PL, pero no se observó lo mismo para el inóculo CB o la MIX (Figura 6). El inóculo CB bajo fertilización presenta una respuesta “depresora” del crecimiento en comparación a las plantas sin inocular (SI), razón por la cual se presume que este inóculo tiene un comportamiento del tipo “parasitismo” donde desaparece la ventaja que le aporta el hongo a la planta. La MIX por su parte mostró una respuesta intermedia entre los inóculos PL y CB en los niveles sin fertilizar y al 25%, siendo su comportamiento similar a CB en la fertilización al 100% (Figura 6).

Luego de su permanencia en vivero (120 días), una muestra de éstos plantines fueron trasladados a invernáculo y sometidos a sequía severa durante 15 días. Se evaluó supervivencia como la capacidad de rebrote, definida según el número de plantas con hojas verdes nuevas. Se observó que los plantines sin inocular y sin fertilizar (SI-SF) presentaron la menor capacidad de rebrote sufriendo una menor tolerancia a la sequía.

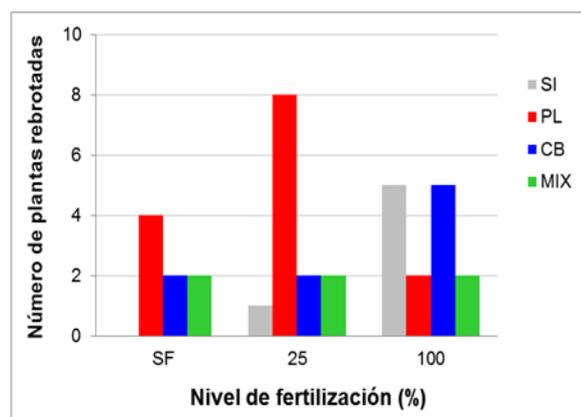
² **NOTA:** se tomó como base los requerimientos nutricionales para *Eucalyptus grandis* indicado por Silveira et al (2001)



❖ **Figura 6. Variables de crecimiento: a) diámetro al cuello (DAC), b) altura total (AT) y c) número de hojas (NH) para los distintos regímenes de fertilización e inoculación de los plantines de algarrobo blanco en vivero. Barras verticales indican el error estándar de la media.**

Por el contrario, se observó una mayor capacidad de rebrote en los plantines sin inocular pero fertilizados al 25% y 100% (25%-SI y 100%-SI) con un mayor efecto en este último nivel (Figura 7).

Los plantines sin fertilizar con agregado de los inóculos puros de PL (PL-SF), CB (CB-SF) y la MIX (MIX-SF) mejoraron la capacidad de rebrote con respecto a los plantines SI-SF. El inóculo PL fertilizado al 25% (PL-25%) aumentó el número de plantas rebrotadas por encima de los plantines inoculados con PL y sin fertilizar (PL-SF), mientras que el incremento del fertilizante al 100% no tuvo efecto sobre el rebrote. En CB solo el aumento de la fertilización al 100% fue eficiente para el rebrotado, mientras que en la MIX la fertilización, no tuvo efecto alguno (Figura 7).

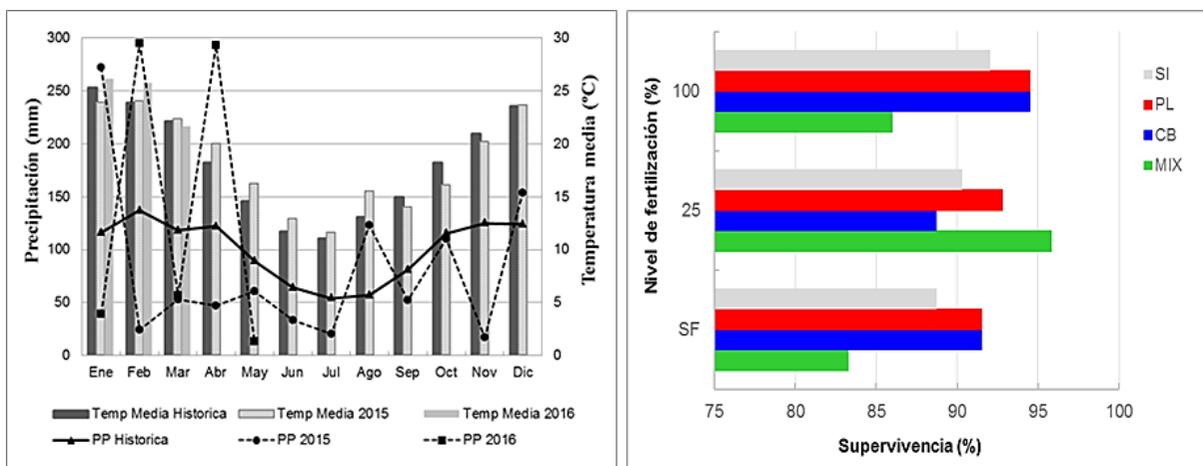


❖ **Figura 7. Número de plantas rebrotadas de algarrobo blanco post-sequia.**

Como continuación de lo evaluado en el vivero, los plantines fueron llevados a campo, con la finalidad de determinar si la inoculación con HMA en los plantines de algarrobo blanco favorecían la supervivencia en condiciones adversas o de estrés. La plantación se realizó en Gualeguaychú, Entre Ríos, en un suelo alcalino, con pH 9 y porcentaje de sodio intercambiable superior al 15%.

Durante su primer año de crecimiento en campo (marzo 2015 a marzo de 2016), las temperaturas registradas estuvieron dentro del rango normal pero las precipitaciones estuvieron por debajo de los valores históricos para la zona (Figura 8). Bajo estas condiciones, los porcentajes de supervivencia de los plantines de *P. alba* estuvieron entre 80 y 96%, registrándose el mayor valor en los plantines que estuvieron inoculados con MIX y fertilizado al 25%. Los plantines correspondientes a los tratamientos MIX fertilizados al 100% y MIX sin fertilizar fueron los de menor supervivencia (Figura 8).

Los resultados a campo no fueron coincidentes con las evaluaciones realizadas en condiciones de invernáculo (Figura 8), a excepción del comportamiento del inóculo CB fertilizado 100% que mostró un comportamiento similar en ambas situaciones (invernáculo y campo). Por otro lado, en las plantas se observaron daños causado principalmente por liebre y cotorras. Esto puede haber sido una de las causas de las diferencias observadas en vivero y a campo, siendo un elemento independiente de los factores estudiados que ocasionó "ruido" en el estudio.



❖ **Figura 8. Datos de precipitaciones y temperaturas del sitio de plantación y datos de supervivencia en campo de los plantines de algarrobo blanco inoculados con HMA nativos.**

Una vista general de los tratamientos se presenta en la Figura 9.



❖ **Figura 9. Plantines de *P. alba* inoculados con HMA bajo fertilización 100% (izquierda), 25% de fertilización (medio) y sin fertilizar (Derecha). Cuchara roja: PL, azul: CB, verde: MIX y blanca: SI. Foto: Carla S. Salto.**

Consideraciones finales

La combinación de la fertilización e inoculación con HMA nativos, se presenta como una estrategia efectiva ya que promueve el crecimiento en diámetro, altura y número de hojas lo que permitiría reducir el empleo de fertilizantes en la producción en vivero. No obstante, esto no puede ser generalizado, ya que la presencia de los HMA

proveniente de CB o en MIX, presentaron efectos depresores sobre el crecimiento.

El inóculo PL, aislado de regiones más áridas, conjuntamente con la aplicación de fertilizante en bajas concentraciones, mostró potencialidad para responder con mayor eficiencia bajo condiciones de sequía.



1.4. Hongos micorrícicos arbusculares nativos como estrategia para la mitigación del estrés salino en *Prosopis alba*

Carla S. Salto, Mónica Sagadin, Celina M. Luna, Ana M. Lupi, Sebastián Kees, Martín Zarate

Los suelos salinos y sódicos contienen elevados niveles de sales solubles y/o sodio en el complejo de intercambio que interfiere en el crecimiento y producción de muchas plantas (Pineiro et al. 1973), atribuida a los efectos osmóticos, desbalance nutricional, toxicidad por iones o una combinación de todos los factores (Meloni 2014).

Las especies del género *Prosopis*, resultan de gran interés para la restauración de áreas salinizadas, ya que son tolerantes al estrés salino (Meloni 2014), indicándose que la inoculación con HMA favorece la sobrevivencia de las plántulas de *P. alba* cuando son trasplantadas a lugares áridos y/o salinos (Scambato 2013). La realización de investigaciones sobre la tolerancia a la salinidad surge de la necesidad de identificar genotipos tolerantes para ser incorporados a la producción en suelos salinos (Scambato 2013). Si bien, *P. alba* es considerado altamente tolerante al estrés salino, existe escasa información sobre los umbrales de concentración de sales que afectan su germinación y crecimiento, los mecanismos fisiológicos involucrados en su adaptación a dichas condiciones, como así también como los HMA pueden aportar en estos mecanismos.

En función de ello, se realizó un ensayo en instalaciones del Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV, Córdoba), con el objetivo de evaluar en condiciones controladas, el efecto de la inoculación con HMA nativos sobre el crecimiento de plantines *P. alba* cultivado en suelos con diferentes niveles de salinidad. Los factores considerados fueron: a) Salinidad con los niveles: no salino (SNS), ligeramente salino (SLS) y fuertemente salino (SFS) y b) tratamientos de inoculación (Inoculados [I] y No Inoculados [NI]) con HMA provenientes de CB y PL generando los siguientes niveles: CBI, CBNI, PLI y PLNI. Los plantines fueron producidos a partir de semillas de genotipos de *P. alba* provenientes de Campo Duran, Salta. En primera instancia, las semillas se

pre-germinaron y luego fueron repicadas a vasitos plásticos de 120 ml de capacidad con sustrato esterilizado compuesto por tierra y arena (2:1 v/v), donde se efectuó la inoculación de los plantines con HMA (CB y PL), aplicándose 20 g del inoculo a los tratamientos inoculados (I), mientras que, a los plantines del lote no inoculado (NI), se les agregó 20 ml de la filtración del inóculo conteniendo todos los microorganismos propios del inóculo mixto, pero sin los hongos micorrícicos presentes en el inóculo original. Las plántulas permanecieron 40 días en los vasitos para que pudieran micorrizarse y evitar los efectos de la sal sobre el establecimiento de HMA (Feng et al. 2002). Al término de los 40 días, las plántulas fueron trasplantadas, repitiendo las dosis de inóculo (según el inóculo que corresponda y su control) a macetas de plástico negro soplado de 1 litro de capacidad, cuyo sustrato consistió en suelo proveniente de los primeros 20 cm de profundidad en sitios seleccionados por grados de salinidad en las provincias de Chaco (CHA) y Santiago del Estero (SDE). El suelo fue esterilizado en autoclave para evitar la contaminación con cepas de otros microorganismos y de esta manera poder evaluar solo el efecto de las cepas inoculadas. A su vez, sobre las muestras de suelo se realizaron las determinaciones de carbono orgánico (CO), nitrógeno total (N), fósforo disponible (P), bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na); CIC, pH (en agua), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), conductividad eléctrica (CE) y textura para contar con información de los parámetros iniciales. Las variables evaluadas en los plantines al final del ensayo (110 días) fueron: sobrevivencia, diámetro al cuello (DAC), número de hojas (Hojas), longitud aérea (LA), longitud radicular (LR) y colonización micorrícica.

Los indicadores químicos de salinidad de carácter global utilizados para la caracterización y el diagnóstico de las muestras de suelo son la CE, PSI y pH. Los 3 sitios de Santiago del Estero (SDE), que a priori se habían clasificado como SNS, SLS, SFS, en función de los parámetros mencionados se clasifican como salino/sódicos de acuerdo a los resultados que se obtuvieron. SDE (1) se encuentra levemente por encima del límite de clasificación de suelos salinos (4 dS.m⁻¹) y sódico (pH <8,5 y PSI

>15%). Por su parte, el sitio CHA (4) se presenta libre de salinidad y sodicidad, mientras que los restantes sitios presentan niveles de salinidad extremadamente altos (suelos salinos). La

diferencia entre CHA (5) y CHA (6) radica en que en el segundo, además de altos niveles de salinidad presenta muy altos niveles de Na intercambiable (salino sódico) (Cuadro 1).

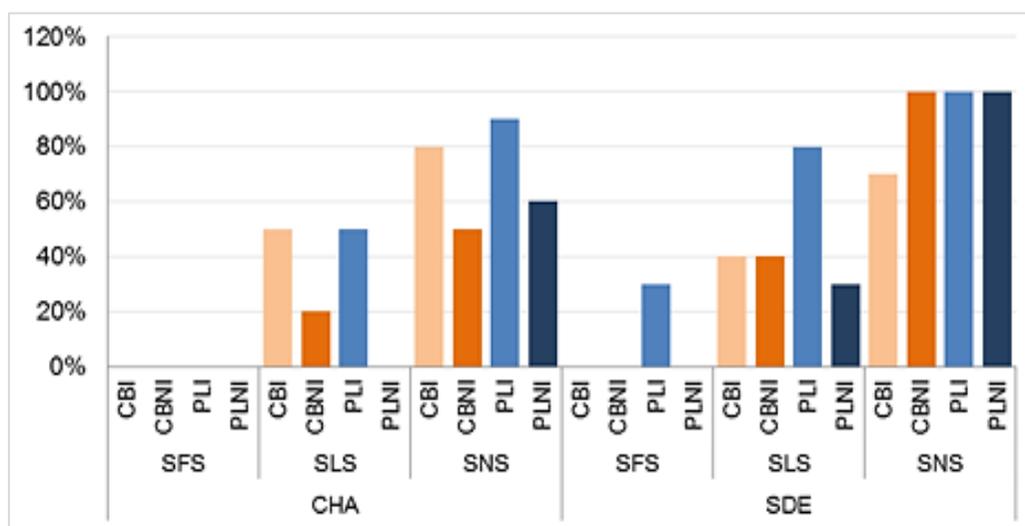
Cuadro 1. Análisis químico del suelo empleado en el ensayo en condiciones controladas.

Suelo	Clase a priori	CO	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	CIC	K	Ca	Mg	Na	pH	PSI (%)	CE dS.m ⁻¹	Clase textural	Clasificación	
SDE	1	SNS	1,21	0,133	112,0	19,7	2,63	20,5	4,6	3,68	8,76	18,7	4,78	F	
	2	SLS	0,76	0,084	70,0	21,0	3,38	24,6	5,1	24,10	9,10	100	44,20	F	Salino-sódico
	3	SFS	0,76	0,081	171,5	18,6	2,79	23,9	5,2	26,10	8,85	100	52,00	F	
CHA	4	SNS	1,15	0,110	102,2	19,6	1,62	8,9	1,1	0,38	7,42	2,0	1,42	FA	No salino/No alcalino
	5	SLS	1,66	0,130	183,4	24,7	3,18	29,3	5,8	1,31	8,86	5,3	31,10	FA	Salino
	6	SFS	0,53	0,150	182,7	12,0	15,9	23,8	5,1	31,30	8,01	100	75,40	F	Salino-sódico

CO: Carbono Orgánico (Walkley y Black); N: Nitrógeno Total (Kjeldahl); pH en agua (1:2,5)- Potenciometría; P: Fósforo disponible (Bray y Kurtz I); Capacidad Intercambio Catiónico (CIC) (Acetato amonio 1 N pH: 7); Potasio Intercambiable (Fotometría Llama); Calcio Magnesio Intercambiable (Complejometría) Sodio Intercambiable (Fotometría Llama); F: franco. FA: Franco arenosa. CE: en pasta.

Como se observa en la Figura 10, tanto en CHA como en SDE el aumento en la salinidad disminuyó la sobrevivencia. En los suelos provenientes de CHA, la sobrevivencia en la condición no salina (SNS) estuvo entre 50-90% presentando los mayores valores los tratamientos inoculados (CBI y PLI). En la condición SLS la sobrevivencia estuvo entre 0-50%, siendo los tratamientos inoculados los de mayor porcentaje y

por último, en SFS la sobrevivencia de las plántulas fue nula (Figura 10). Para el caso de los suelos de SDE, se observa que la sobrevivencia en la condición SNS fue del 70% para el tratamiento CBI y 100% para CBNI, PLNI y PLI; en SLS estuvo entre el 30-80% siendo el tratamiento PLI el de mayor porcentaje de sobrevivencia, mientras que en la condición SFS hubo un 30% de sobrevivencia correspondiente al tratamiento PLI (Figura 10).



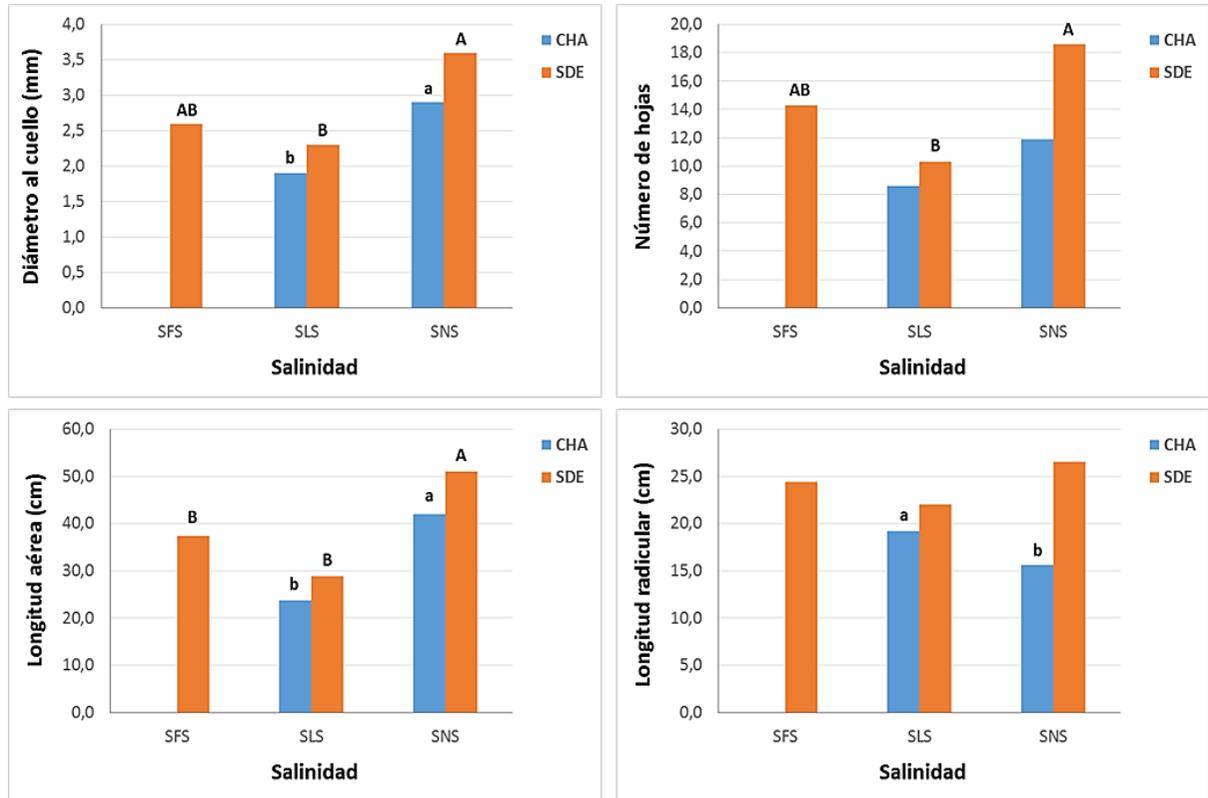
❖ **Figura 10. Sobrevivencia (%) de plantines de algarrobo blanco bajo los distintos tratamientos.**

En cuanto a las variables de crecimiento, se observa que en CHA el diámetro (DAC), longitud aérea (LA) y longitud radicular (LR) fueron

afectadas por el nivel de salinidad mientras que la inoculación afectó el DAC y LR. Con respecto a la salinidad, los mayores valores de crecimiento en

DAC y LA se registraron en el suelo no salino (SNS) mientras que LR el mayor valor se registró en SLS (Figura 11). Los tratamientos CBI y PLNI presentaron los mayores valores de DAC, y para LR los tratamientos no inoculados fueron los de

mayor valor (Figura 12). En el caso de SDE, la inoculación fue significativa para el número de hojas y LA, y la salinidad afectó al DAC, número de hojas y LA, observándose los mayores valores de estas variables en SNS (Figura 11).



❖ **Figura 11. Variables de crecimiento en plantines de *P. alba* en función de la salinidad para los sitios de Chaco y Santiago del Estero. Para cada sitio letras distintas indican diferencias significativas para Tukey.**

El mayor número de hojas se registraron en los tratamientos CBI, PLI y PLNI y la mayor longitud aérea en los tratamientos inoculados de CB y PL (Figura 12). Cabe mencionar, que el suelo clasificado como SNS en SDE tiene una salinidad (4,78 dS.m⁻¹) notablemente más alta al suelo realmente no salino de CHA (1,42 dSm⁻¹). Además, el pH y PSI son más altos (Cuadro 1), a pesar de ello la sobrevivencia y crecimiento fue mayor en SDE mostrando mayor tolerancia.

Los porcentajes de micorrización para los suelos de CHA estuvieron entre el 36 – 50%, observándose el mayor valor para CB en la condición SNS. En el caso de SDE en la condición SFS, el inoculo PL presentó un porcentaje de micorrización elevado (46%), mientras que para las dos condiciones salinas restantes fue el inoculo CB el que presentó

los mayores valores de micorrización (30-50%). Ambos tratamientos no inoculados (NI), no manifestaron la presencia de micorrizas.

Consideraciones finales

Los inóculos de CB y PL son capaces de sobrevivir en raíces colonizadas de *P. alba* en suelos con conductividad eléctrica (CE) de hasta 50 dS.m⁻¹

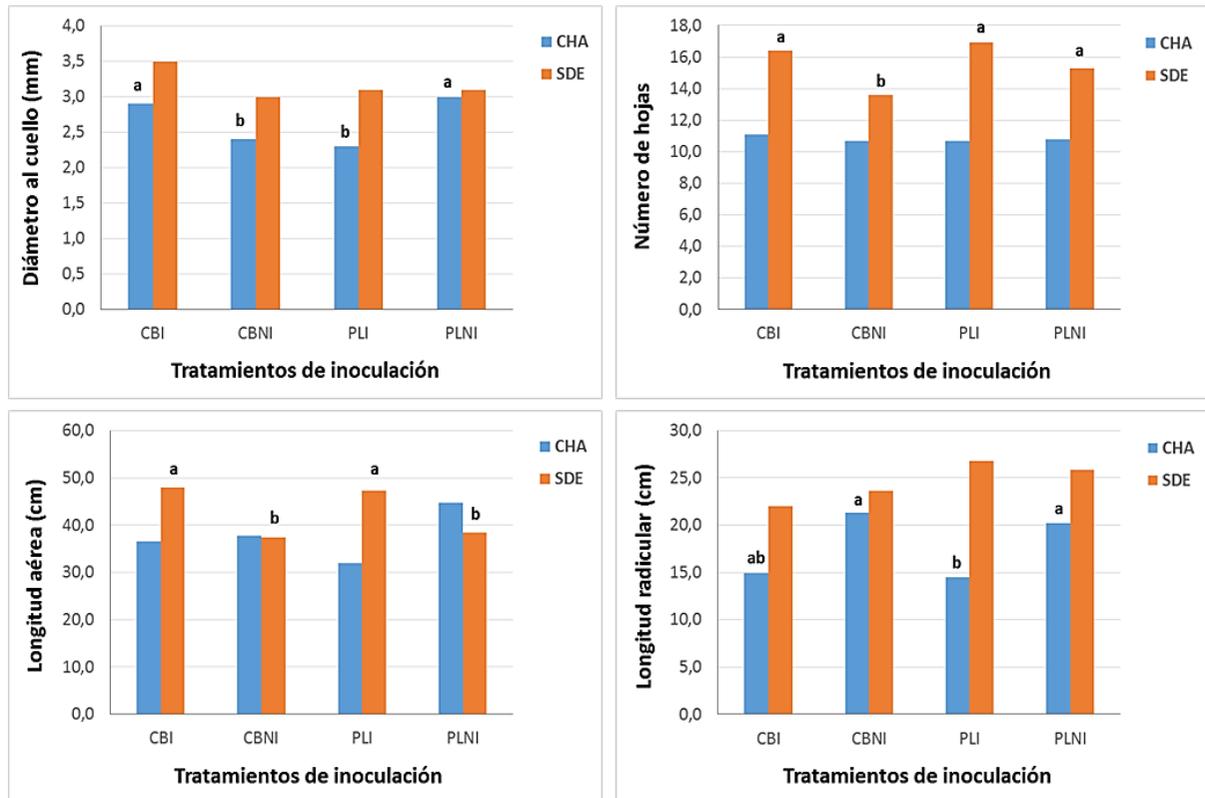
Los plantines de *P. alba* inoculados con CB y PL mostraron mayor sobrevivencia en condiciones de alta salinidad (CE ≤ 50 dS.m⁻¹) que los plantines no inoculados, destacándose el inóculo PL.

Los mayores crecimientos para las variables analizadas se registraron en los suelos de Santiago del Estero, independientemente de la inoculación.

En ausencia de inoculación *P. alba* es tolerante a la

salinidad ($CE \leq 44 \text{ dS.m}^{-1}$). La presencia de micorrizas no evidenció un efecto positivo en

crecimiento, salvo en longitud aérea en el suelo de Santiago del Estero.



❖ **Figura 12.** Variables de crecimiento en plantines de *P. alba* en función de los tratamientos de inoculación para los sitios de Chaco y Santiago del Estero. Para cada sitio letras distintas indican diferencias significativas para Tukey.



1.5. Evaluación simultánea de la fertilización e inoculación con rizobios nativos en plantines de *Prosopis alba*

Carla S. Salto, Mariana Melchiorre, G. P. Javier Oberschelp, Ezequiel Pozzi, Leonel Harrand

El nitrógeno (N) es un elemento esencial que se encuentra presente en las células vegetales como constituyente de todos los aminoácidos, ácidos nucleicos y clorofila, por lo que el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales depende en gran medida de su abastecimiento (Urzúa 2005). Frecuentemente, el N disponible en muchos suelos es limitado, y aunque la atmósfera tenga aproximadamente el 80% de N_2 , las plantas no

pueden usarlo directamente. La fijación biológica del nitrógeno (FBN) es un proceso natural para la adquisición del N_2 presente en la atmósfera. El proceso de FBN lo realizan microorganismos especializados, en vida libre o en simbiosis con las plantas, que combinan el N_2 con otros elementos como el hidrógeno para formar iones amonio o nitrato. De esta manera el nitrógeno puede incorporarse al suelo o puede ser asimilado por las plantas (Mayz-Figueroa 2004).

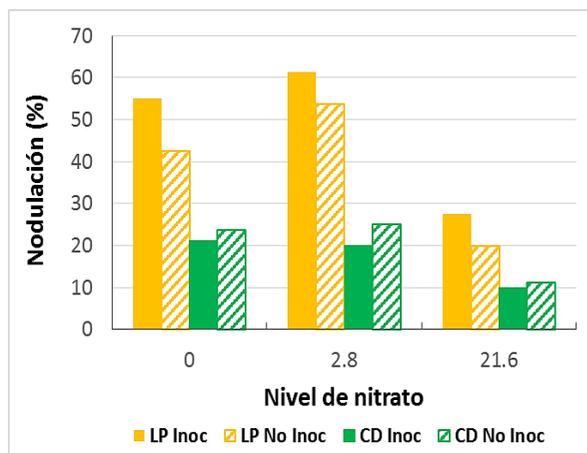
El algarrobo blanco es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico (N_2) mediante el proceso de FBN en simbiosis con bacterias del suelo llamados rizobios que nodulan sus raíces (Allen y Allen 1981, Cesco et al. 2012). Se han aislado recientemente de algarrobales del Parque Chaqueño, rizobacterias

de los géneros *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Bradyrhizobium*, que han probado ser capaces de inducir nódulos fijadores de N_2 (Chávez Díaz et al. 2013). La inoculación con rizobacterias específicas puede favorecer la supervivencia y ayudar al crecimiento de los plantines durante su establecimiento en campo; ya que estos microorganismos inducen, en las leguminosas en general, un conjunto de respuestas que contribuyen a que las plantas elaboren respuestas adaptativas eficientes, sobre todo en condiciones ambientales limitantes (Zamioudis y Pieterse 2012).

Como se mencionara anteriormente, la fertilización es una de las prácticas de vivero más importante. Sin embargo, se conoce poco la incidencia de la fertilización sobre el establecimiento de la simbiosis con los rizobios, ya que si la solución nutritiva contiene exceso de N puede ejercer un efecto inhibitorio sobre los nódulos afectando la FBN. En virtud de ello, se evaluó en condiciones de vivero el efecto conjunto de la inoculación con rizobacterias específicas y la fertilización (Silveira 2001) con distintos niveles de nitrato (NO_3^-): 21,6 mM de NO_3^- , 2,8 mM NO_3^- y

sin fertilizar, sobre el crecimiento de plantines de dos orígenes de *P. alba*, uno correspondiente al Espinal (La Paz, Entre Ríos) y otro al Parque Chaqueño (Campo Durán, Salta). La siembra se efectuó en tubetes R125 de Dassplastic®, empleando como sustrato la mezcla de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en proporción 2:1:1 v/v. El inóculo estuvo conformado por tres cepas nativas de rizobacterias de los géneros *Mesorhizobium* spp, *Bradyrhizobium* spp y *Sinorhizobium* spp, seleccionadas básicamente por nodular eficientemente y promover el crecimiento de *P. alba* (Chávez Díaz et al. 2013). Las semillas fueron inoculadas dos días posteriores a la siembra con 1ml de solución inoculante. Se mantuvieron semillas sin inocular. Los parámetros evaluados 90 días después de la siembra fueron diámetro al cuello, altura total, número de hojas por plantín y porcentaje de plantas noduladas.

Se observó que en todos los niveles de fertilización, los plantines provenientes de semillas de origen La Paz presentaron la mayor proporción de plantines con nódulos visibles que los de Campo Duran (Figura 13a, 13b, 13c).



❖ **Figura 13. a) Porcentaje de plantines de algarrobo blanco nodulados, b) cepellón con nódulos, c) nódulo. Fotos: Leonel Harrand.**

Los valores máximos de nodulación se observaron en el nivel de 2,8 mM de NO_3^- en la fertilización en ambos orígenes. Dentro de cada origen, y tomando como referencia a 2,8 mM de NO_3^- , se detectó una disminución en el porcentaje de plantas noduladas consecuencia del incremento de nitrato, donde los valores de reducción estuvieron

en torno al 50%. Mientras que por la ausencia de fertilización, los valores de reducción estuvieron alrededor del 10%. La formación de nódulos en una planta, es un proceso que se encuentra controlado genética y ambientalmente, que implica la "señalización" y "reconocimiento" por parte de la planta y la bacteria.

La disponibilidad de nitrógeno es un importante regulador ambiental de la nodulación y las respuestas inhibitorias de la nodulación por alto contenidos de nitrato son complejas y aún no están claramente explicadas. Si bien, se observó nódulos en los plantines no inoculados de ambos orígenes, éstos fueron de tamaño pequeño y verdoso indicando procesos oxidativos (no funcionales), mientras que los nódulos de los plantines inoculados eran de gran tamaño (Figura 13b y 13c) y con coloración roja en su interior, debido a la presencia de una sustancia llamada

leghemoglobina, que hacen presuponer su funcionalidad. Esta aparición espontánea de nódulos en los plantines no inoculados puede deberse a que las condiciones de crecimiento fueron al aire libre (contaminación por acción del viento, transferencia debida a los operarios del vivero, o eventos de precipitación o riego).

En la Figura 14 se muestra el aspecto general de los plantines de algarrobo blanco de los dos orígenes considerados bajo los distintos tratamientos de fertilización evaluados en vivero.



❖ **Figura 14. Plantines de *P. alba* en los distintos tratamientos. Izq.: fertilización 21,6 Mm de NO_3^- , medio: fertilización 2,8 Mm de NO_3^- , der.: sin fertilizar. Cuchara amarilla: origen Campo Durán; blanca: origen La Paz. Foto: Leonel Harrand.**

En el nivel sin fertilización, los valores de diámetro al cuello no variaron debido a la aplicación del inóculo, pero se observó un efecto positivo de las rizobacterias cuando las plantas fueron fertilizadas, siendo el origen de semilla La Paz el que presentó los plantines con mayores diámetros (Figura 15). Bajo la fertilización con el nivel 2,8 mM NO_3^- el diámetro de los plantines inoculados fue significativamente superior comparado con los plantines no inoculados, mientras que niveles mayores de NO_3^- inducen a un mayor diámetro independientemente de la inoculación (Figura 15).

En altura total se detectaron diferencias a nivel de Origen de semilla y Fertilización. Del mismo modo que con el diámetro, la altura total fue aumentando con incrementos en los niveles de NO_3^- , siendo los plantines del origen Campo Durán levemente más altos que los de La Paz.

La inoculación y la interacción fertilización x origen fueron los factores que tuvieron un efecto significativo sobre el número de hojas. El nivel de

nitrato correlacionó positivamente en ambos orígenes con incrementos en el número de hojas y La Paz fue el origen que presentó valores significativamente superiores respecto a Campo Duran para todos los niveles de NO_3^- (Figura 15).

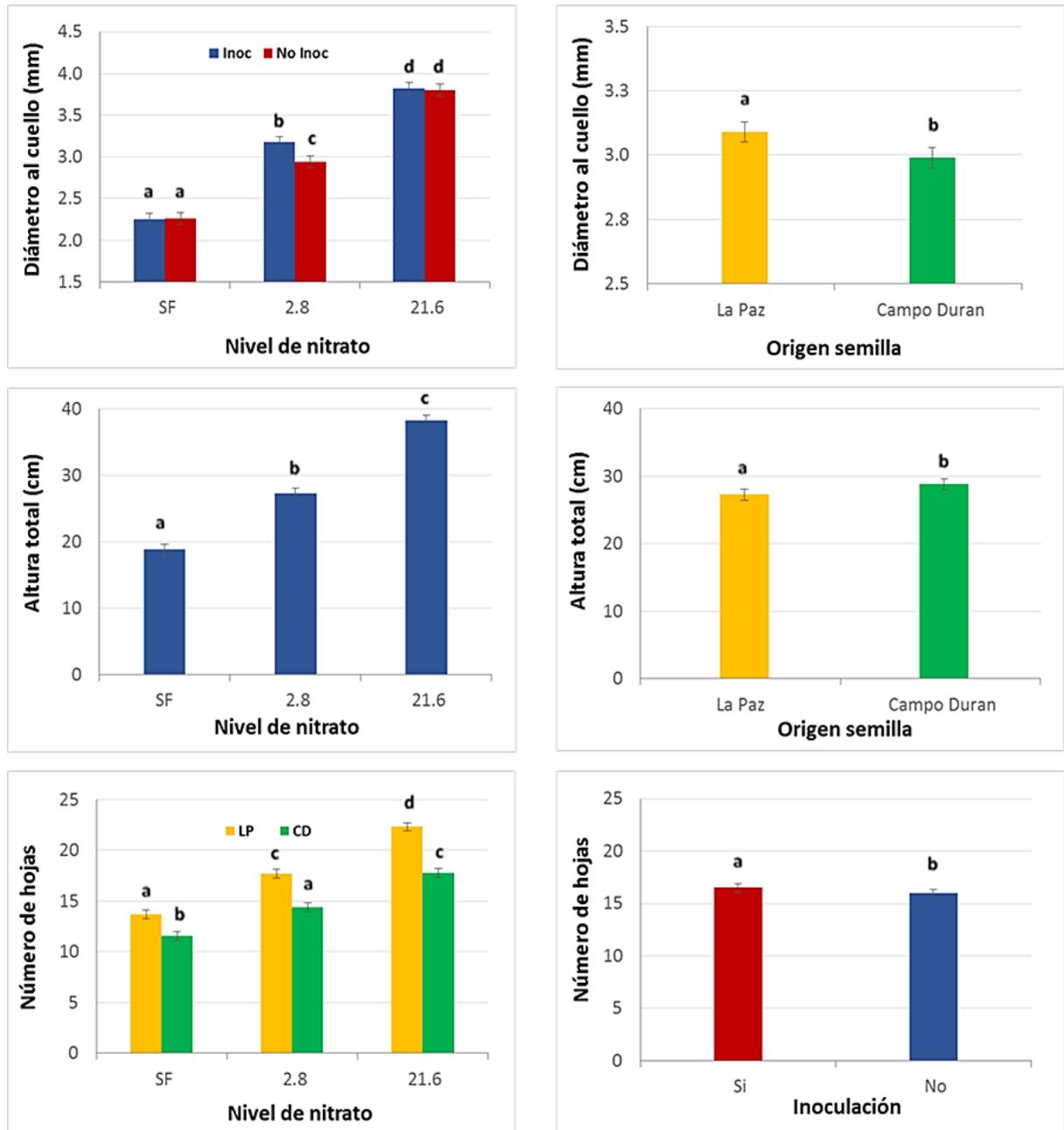
Consideraciones finales

Para la producción de plantines en vivero se debe contar con un ajustado plan de fertilización, que en el caso de *P. alba*, debe ser compatible con el mantenimiento de la simbiosis con sus rizobacterias específicas.

La formulación de un inoculante con tres géneros de rizobacterias específicas estimuló el desarrollo de un mayor número de hojas, y en combinación con 2,8 mM de NO_3^- , promovió el diámetro al cuello. Niveles de NO_3^- mayores a 2,8 mM aumentaron el diámetro, altura total y número de hojas, a expensas de una menor proporción de plantines nodulados. En el caso de *P. alba* se recomienda incorporar la inoculación como una

práctica en la producción de plantines y que sea considerado clave desde una perspectiva de

sustentabilidad ya que ayuda a disminuir el empleo de fertilizantes.



❖ Figura 15. Factores significativos para diámetro al cuello, altura total y número de hojas en los ensayos de fertilización e inoculación en vivo. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$), barras verticales indican el error estándar de la media.



1.6. Desarrollo y evaluación de una solución nutritiva para la fertilización de plantines de *Prosopis alba*

G. P. Javier Oberschelp, Carla S. Salto, Leonel Harrant

La adición de nutrientes minerales para sostener el crecimiento de los plantines es un aspecto que se puede abordar empleando diferentes estrategias de nutrición como los fertilizantes orgánicos, sales minerales, fertilizantes de liberación controlada, microorganismos simbióticos o una combinación de las mismas. Entre las prácticas más reproducibles y simples de aplicar se encuentran la utilización de fertilizantes de liberación controlada y el empleo de fertilizantes solubles. Si bien estos últimos han demostrado ser apropiados para la producción de plantines de *P. alba* en contenedores empleando soluciones ajustadas para eucaliptos, es razonable suponer que esta no se ajuste totalmente a los requerimientos de *P. alba*.

El gran volumen de suelo que exploran las raíces generalmente es suficiente para garantizar un adecuado suministro de nutrientes a las plantas, sin embargo, en la producción de plantines en contenedores este volumen de exploración se

restringe al extremo, contando entre 70 y 250 cm³ de sustrato para un período de producción de 3 y 6 meses. Adicionalmente, se debe considerar que los sustratos con mejores condiciones físicas poseen poca o nula mineralización y no realizan un aporte significativo de nutrientes minerales.

En base a experiencias previas se formuló una solución nutritiva específica para *P. alba*, la cual se puso a prueba junto a otras alternativas de fertilización, con el objetivo de evaluar el efecto de las mismas en el crecimiento y desarrollo de los plantines. El ensayo se llevó a cabo en el vivero forestal de la EEA Concordia y se emplearon semillas de algarrobo blanco provenientes de árboles semilleros del departamento La Paz, Entre Ríos, sembradas en contenedor R125 marca Dassplastic® empleando como sustrato la mezcla de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en proporción 2:1:1 v/v.

Los seis tratamientos de fertilización consistieron en: testigo sin fertilizar (T1); solución nutritiva para la producción de eucalipto (T2); solución nutritiva para la producción de algarrobo al 100% (T3), solución nutritiva para la producción de algarrobo al 75% (T4), 2 g l⁻¹ de Basacote® Plus 3M 16-8-12 (T5), 4 g l⁻¹ de Basacote® Plus 3M 16-8-12 (T6) cuyas formulaciones se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos de fertilización.

Tratamientos	Descripción
T1 – Testigo	Sin fertilización
T2 - Eucalipto 100%	Crecimiento (15-60 días): 1 g l ⁻¹ Hakaphos® Amarillo + 0,7 g l ⁻¹ Ca(NO ₃) ₂ + 0,3 g l ⁻¹ MgSO ₄ .7H ₂ O + 0,02 g l ⁻¹ H ₃ BO ₃ + 0,05 g l ⁻¹ Basafer® Plus + 0,22 g l ⁻¹ NH ₄ H ₂ PO ₄ Rustificación (60-90 días): 0,3 g l ⁻¹ Hakaphos® Base + 0,2 g l ⁻¹ KCl + 0,2 g l ⁻¹ MgSO ₄ .7H ₂ O + 0,05 g l ⁻¹ Basafer® Plus + 0,007 g l ⁻¹ H ₃ BO ₃
T3 - Algarrobo 100%	<u>Crecimiento (15-60 días):</u> 0,6 g l ⁻¹ Hakaphos® Verde + 1 g l ⁻¹ Urea + 0,2 g l ⁻¹ (NH ₄) ₂ HPO ₄ + 0,25 g l ⁻¹ Ca(NO ₃) ₂ + 0,12 g l ⁻¹ MgSO ₄ .7H ₂ O + 0,015 g l ⁻¹ Fetrilon® Combi 2 + 0,35 g l ⁻¹ KNO ₃ <u>Rustificación (60-90 días):</u> 0,2 g l ⁻¹ Hakaphos® Verde + 0,4 g l ⁻¹ (NH ₄) ₂ HPO ₄ + 0,25 g l ⁻¹ Ca(NO ₃) ₂ + 0,16 g l ⁻¹ MgSO ₄ .7H ₂ O + 0,015 g l ⁻¹ Fetrilon® Combi 2 + 0,6 g l ⁻¹ KCl
T4 - Algarrobo 75%	75% de las soluciones Algarrobo 100%. Ídem rusificación a Algarrobo 100%
T5 - Basacote® Plus 3M 2 g l ⁻¹	Incorporado al sustrato desde el inicio
T6 - Basacote® Plus 3M 4 g l ⁻¹	Incorporado al sustrato desde el inicio

Las soluciones de algarrobo se ajustaron siguiendo la metodología descrita en Oberschelp et al.

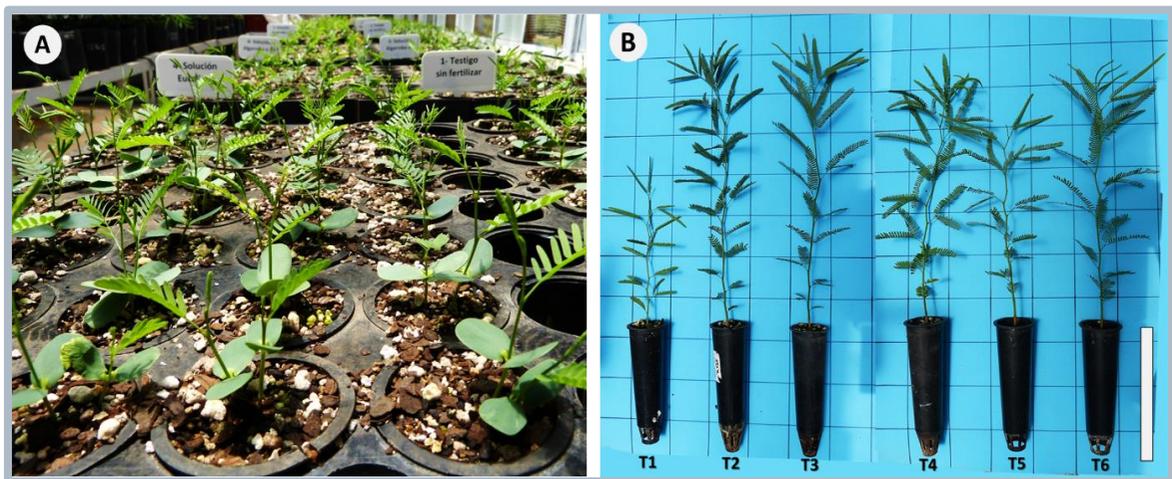
(2015), en base a análisis de tejidos vegetales de *P. alba*, recolectados de rebrote de cepas que fueron

empleadas para el ajuste del protocolo de propagación vegetativa (Oberschelp y Marcó 2010). Los valores del contenido de nutrientes que se obtuvieron de estos tejidos fueron considerados como parámetros de referencia (*P. alba* Ref.).

A partir de los 15 días de efectuada la siembra (Figura 16A) se aplicaron los tratamientos de fertirriego, dos veces por semana con regadera, irrigando con un litro de solución por parcela a los tratamientos T2, T3 y T4, o con agua a los tratamientos T1, T5 y T6. A los 90 días se colectaron todas las hojas de los plantines para cada tratamiento de fertilización, se enjuagaron

tres veces con agua destilada y se secaron en estufa hasta peso constante. Se molieron en mortero de porcelana, se tamizaron (malla de 841 μm) y se almacenaron en tubos "Eppendorf" por triplicado. Los análisis químicos para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn y Zn se realizaron en el Laboratorio de Ecología Aplicada (LEA), ESALQ/USP, siguiendo la metodología propuesta por Malavolta et al. (1989). El mismo procedimiento se realizó con el material de referencia (*P. alba* Ref.).

Las variables de análisis fueron diámetro al cuello, altura total, número de hojas por plantín, área foliar total y contenido de macro y micronutrientes.



❖ **Figura 16.** Vista general de los plantines a los 15 días de la siembra (A) y a los 90 días de edad de los distintos tratamientos (B). Barra = 15 cm. Fotos: Javier Oberschelp.

Tanto en la etapa de crecimiento como en la etapa de rustificación, todos los tratamientos de fertilización presentaron mayor crecimiento que el testigo sin fertilizar, para todas las variables evaluadas (Figura 17). Esto ya había sido observado en estudios previos y refuerza la necesidad de la implementación de esquemas de fertilización para disminuir el tiempo de permanencia en el vivero de plantines de *P. alba* producidos en contenedores.

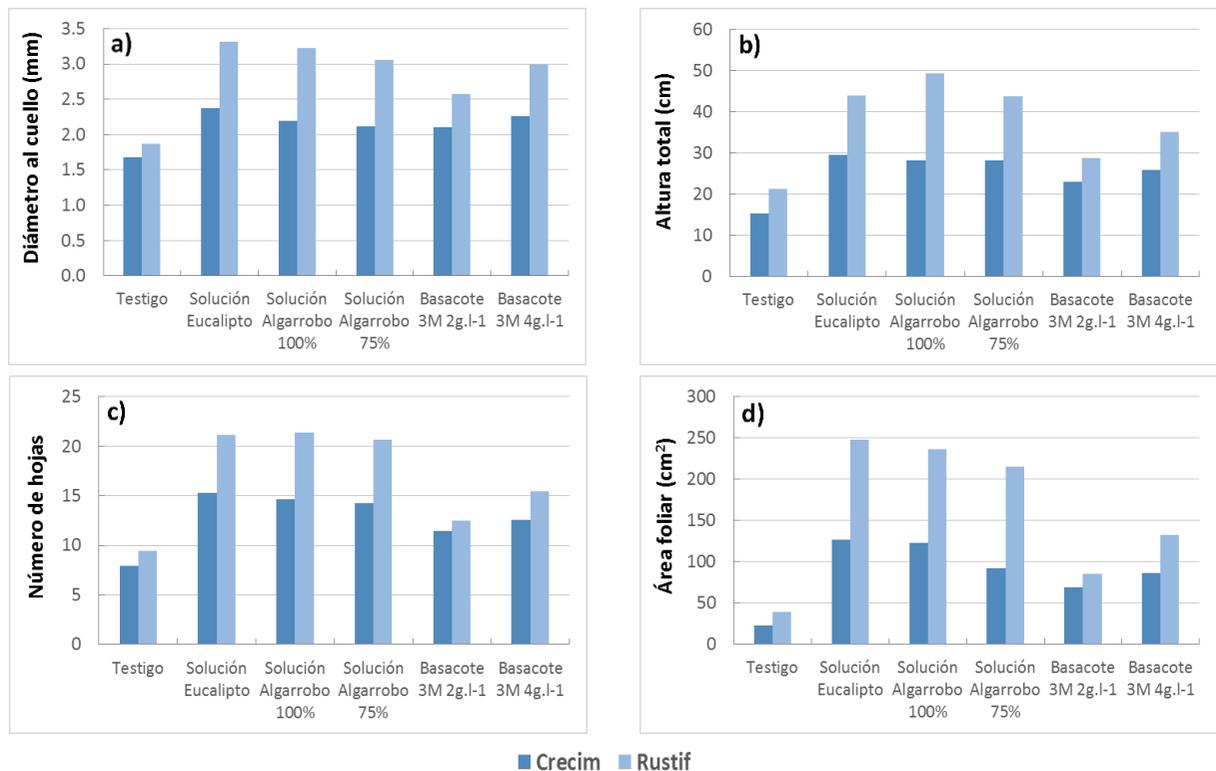
En general, todas las soluciones de fertirriego se comportaron mejor que ambas dosis de Basacote® Plus 3M y que el testigo, efecto más evidente en altura total, número de hojas y área foliar de los plantines. En la etapa de crecimiento, el tratamiento de fertilización ajustado para eucaliptos produjo plantas de mayor diámetro y número de hojas, siendo similar a la solución

algarrobo 100% para las variables restantes (Figura 17). Esta aparente ventaja se diluyó una vez concluida la etapa de rustificación, a los 90 días, momento en el que se consideró a los plantines de los tratamientos fertilizados en condiciones de ser llevados a campo (Figura 16B).

En el período de rustificación (de 60 a 90 días de edad), el área foliar de los plantines producidos con la solución de eucalipto (T2) y de algarrobo (T3) casi duplica al área foliar del tratamiento con fertilizante de liberación controlada (T5 y T6) (Figura 17). Esto puede estar ocasionado porque los nutrientes contenidos en los fertilizantes de liberación controlada son solubilizados en función de la temperatura (Newman et al. 2006). Basacote® Plus 3M posee una duración promedio de 2 a 3 meses a 27 °C y considerando que en esta experiencia la temperatura media fue de 30,9

°C, es muy probable que hacia el fin del ciclo la disponibilidad de nutrientes haya sido insuficiente. Aun así, a los 90 días de edad, los plantines producidos con 4g l⁻¹ de Basacote® Plus 3M se

encontraban con tamaño adecuado para plantación (Salto et al. 2013), por lo que su uso podría justificarse en el caso que no sea posible aplicar soluciones de fertirriego.



❖ **Figura 17. Variables evaluadas bajo los distintos esquemas de fertilización: a) diámetro al cuello, b) altura total, c) número de hojas y d) área foliar evaluados a los 60 (crecimiento) y 90 (rustificación) días de edad. Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).**

Por otra parte, la fertilización tuvo un notable efecto sobre el contenido de nutrientes en los tejidos, siendo más evidente en el caso del nitrógeno, por ser el nutriente mineral que se encuentra en mayores cantidades en los tejidos vegetales, con elevada demanda y movilidad. Los tratamientos Basacote® Plus 3M (T5 y T6) presentaron menores valores de N, P, y K probablemente por efecto “dilución” y por encontrarse al final de su vida útil (3 meses), provocando leves deficiencias de estos nutrientes respecto a los valores de referencias (*P. alba* Ref.) (Cuadro 3).

Como se mencionó, los mayores valores para las variables de crecimiento se encontraron en los tratamientos con las soluciones de eucalipto (T2) y de algarrobo 100% (T3), que para el caso del N se encuentran cercanos a los valores de referencia.

Según estos valores, P y K requieren incrementos en T3, no así para Mg y S, que parecen estar cubiertos. Para micronutrientes, excepto Cu, tanto Zn como Fe se encuentran a niveles comparables a *P. alba* Ref. y destacan los excesos de B y Mn para todos los casos respecto de *P. alba* Ref., hecho probablemente relacionado al pH ácido de la de corteza compostada de pino, que favorece la disponibilidad de esos micronutrientes (Marschner 1995). No obstante, tanto B como Mn, particularmente para T2, deberían ser reducidos para evitar toxicidad, competencia como otros iones metálicos y gastos innecesarios en fertilizantes. Excepto para P y S, el testigo no presenta valores bajo de nutrientes, esto puede atribuirse a un efecto de concentración de nutrientes dado que fue el tratamiento de menor crecimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de macro y micronutrientes minerales en plantines de *P. alba* de 90 días de edad bajo distintos regímenes de fertilización.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Testigo sin fertilizar	38,11	0,79	9,00	1,65	1,72	1,67	50,06	10,11	107,38	140,83	49,32
Basacote® 3M 2 g L ⁻¹	33,95	1,24	9,80	2,09	2,28	3,19	44,49	7,73	67,57	164,52	32,04
Basacote® 3M 4 g L ⁻¹	34,39	1,43	9,50	2,34	2,38	3,76	43,01	7,70	62,70	167,00	31,62
Solución Eucalipto	43,49	3,37	12,53	5,14	4,19	4,28	84,69	7,17	88,02	253,36	29,94
Solución <i>P. alba</i> 100%	50,34	2,13	10,20	1,40	2,54	3,68	46,99	6,63	65,36	94,88	36,33
Solución <i>P. alba</i> 75%	47,67	1,90	9,50	2,04	2,62	4,42	45,25	6,76	67,08	117,98	38,32
<i>P. alba</i> Referencia *	44,68	4,00	14,23	2,90	1,88	3,33	22,00	12,53	80,35	75,50	35,25

* Valores de referencia obtenidos de análisis de macro y micronutrientes en rebrotes de cepas de 60 días de edad.

Consideraciones finales

La fertilización es necesaria para producir plantines de *P. alba* en contenedores, con tamaño apto para implantación en 90 días.

La aplicación de fertirriego con soluciones nutritivas ajustadas a la especie permite obtener plantines con mayor crecimiento.

La fertilización induce cambios en el contenido de nutrientes minerales en los tejidos vegetales, no

obstante, no todos estos cambios son relevantes para el crecimiento y desarrollo de los plantines.

La estrategia de obtención de la solución específica para algarrobo, que implicó el muestreo de material vegetal de referencia, su análisis y el diseño de soluciones nutritivas, permite el desarrollo y ajuste de soluciones especie y situación-específica, con menor impacto ambiental a las alternativas disponibles.



1.7. Identificación de las características edáficas determinantes de la calidad de sitio para el cultivo de *Prosopis alba*

Sebastián M. Kees, Astor E. López, Juan J. Zurita, Elías F. Brest, M. Florencia Roldan, Julieta M. Rojas

La provincia del Chaco posee alrededor de 4.000 ha con plantaciones forestales y la especie con mayor proporción de superficie plantada es el algarrobo blanco. Esta especie, constituye el eje de la fabricación de muebles de la provincia y desde 1980 existen aserraderos y carpinterías abocadas a la producción de muebles, aberturas, artesanías y productos varios en las localidades de Presidencia de la Plaza, Machagai y Quitilipi. A partir de esta producción se abastece la demanda regional y la mayor parte de la demanda nacional.

Debido a la importancia económica y social de esta

especie, un aspecto importante a considerar para su cultivo, es la definición de sus potenciales de crecimiento en diferentes ambientes y en distintos esquemas de sistemas forestales.

Las plantaciones de algarrobo se han realizado en diferentes sitios dando como resultados diferencias en el crecimiento, esto es lo que llamamos calidad de sitio y se define como la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie arbórea, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar. Su conocimiento resulta fundamental para elegir los mejores sitios para plantar la especie, conocer los rendimientos esperados y definir las prácticas silvícolas. Se dispone de escasa información acerca de la calidad de sitio para *P. alba*, su potencial de crecimiento y turno de aprovechamiento requerido para obtener madera comercial.

En este documento se presentan los primeros resultados obtenidos al analizar cuáles son las características edáficas que condicionan el crecimiento del algarrobo blanco. La evaluación se realizó en forestaciones en macizo implantados en diferentes suelos, analizando las variaciones de altura dominante frente a variaciones relativas al suelo. Para ello se ha obtenido información dasométrica y edáfica de 29 parcelas de 1.000 m² ubicadas en plantaciones cuya edad varía entre 15

y 19 años de edad. Se instalaron en todos los casos dos o más parcelas o puntos de muestreo en cada plantación, los cuales fueron seleccionados en base a la cobertura y la topografía presente (Figura 18). Las variables edáficas relevadas en cada parcela fueron profundidad efectiva de raíces, drenaje, relieve y para cada perfil de suelo se determinó su secuencia de horizontes y en cada uno de ellos se evaluó espesor, textura, conductividad eléctrica y pH.



❖ **Figura 18.** Ubicación de sitios de muestreo en una plantación de 17 años (izquierda) y vista de la plantación relevada (derecha). *Foto: Sebastián Kees.*

Para evaluar el desarrollo de las forestaciones de algarrobo blanco se usó la altura dominante de la parcela (Hdom) definida como la altura promedio de los 100 árboles más gruesos por hectárea, criterio que es equivalente a la selección de los mejores

ejemplares que deberían quedar para cosechar al fin de turno. Este criterio es utilizado ampliamente en la modelación forestal para la predicción de índices de sitio. Un resumen de los valores dasométricos se presenta en la Cuadro 4.

Cuadro 4. Resumen del estado dasométrico de las plantaciones muestreadas.

Edad	DAPdom (cm)			Hdom (m)		
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
15	18,4	22,6	27,2	6,5	8,3	10,9
16	20,6	25,2	29,2	6,2	7,5	10,2
17	19,4	23,0	28,8	5,6	8,3	10,9
19	23,1	25,6	30,8	8,4	9,1	10,2

DAPdom = diámetro a la altura del pecho promedio de los árboles dominantes.

Los resultados parciales obtenidos permiten evidenciar un mejor desarrollo de los ejemplares

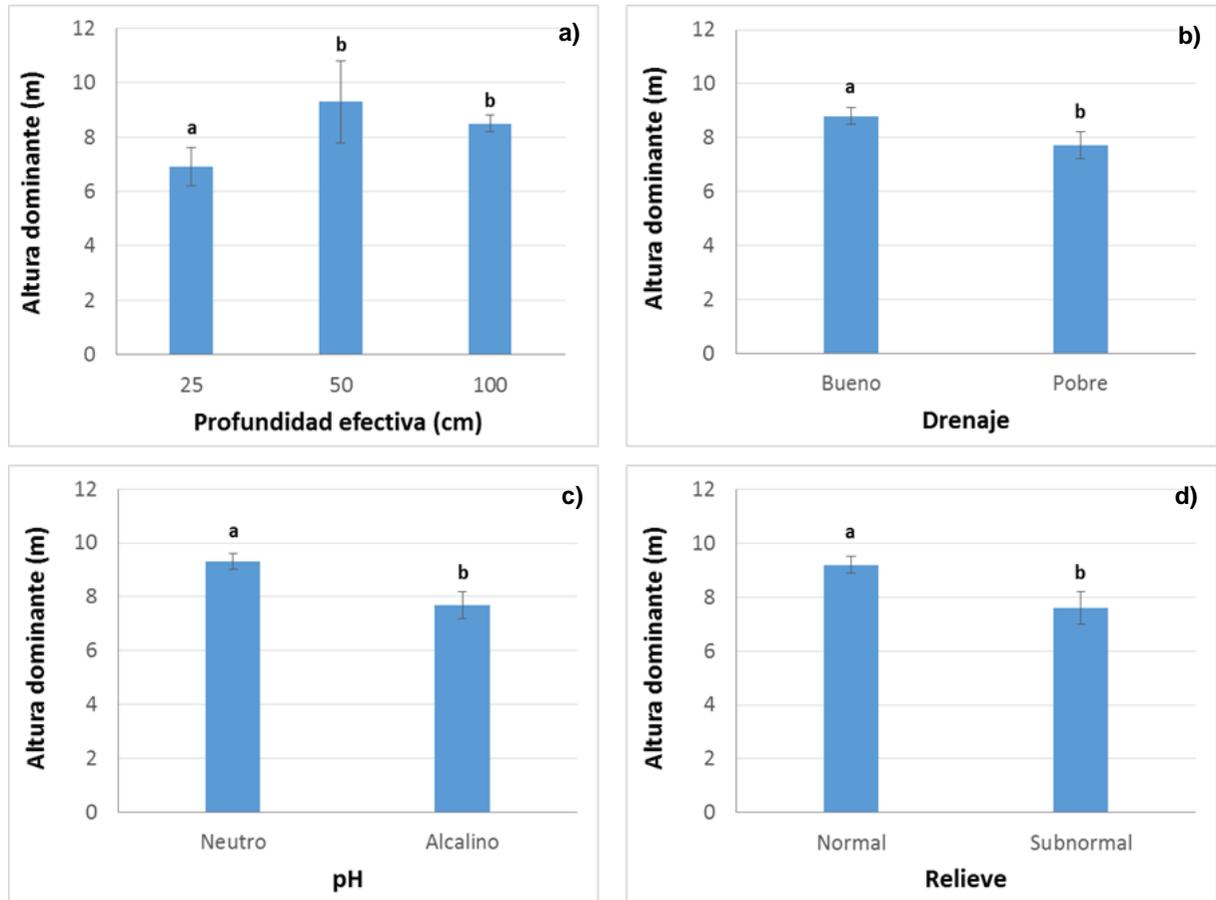
dominantes en aquellos suelos con más de 50 cm de profundidad efectiva de exploración de raíces y

con buen drenaje (Figura 19a y 19b). La altura dominante fue menor en suelos con drenaje algo pobre, someros, pesados (suelos arcillosos) y que se encuentran en relieve subnormal (deprimidos, encharcables) (Figura 19a y 19d).

El pH no arrojó diferencias significativas en el desarrollo de los ejemplares dominantes (Figura 19c) lo que demuestra su tolerancia a distintos niveles de alcalinidad.

Los valores de Hdom respecto al relieve fueron estadísticamente iguales, sin embargo, en concordancia con lo esperado se evidencia una tendencia de mayor Hdom en posiciones del relieve "Normal" (Figura 19d).

Se encontró que la Hdom fue mayor cuando la textura superficial fue liviana (suelos francos – arenosos limosos).

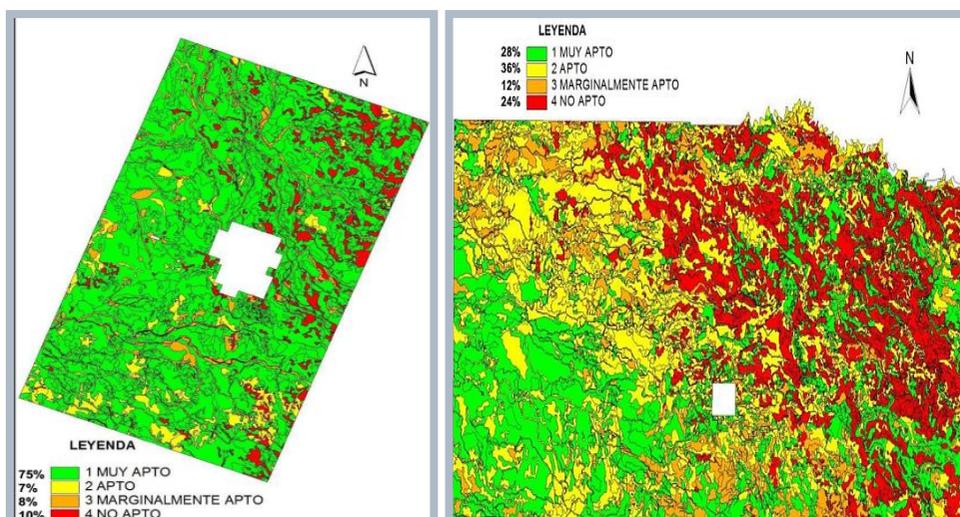


❖ **Figura 19. Valores medios de la altura dominante (Hdom) según a) profundidad efectiva, b) clase de drenaje del suelo, c) pH y d) tipo de relieve.**

Consideraciones finales

Estos requerimientos se confrontaron con la información de las cartas de suelos a escala en semi detalle (1:50.000) y se generaron mapas de aptitud de suelos, utilizando modelos expertos de

simulación para el departamento Comandante Fernández y el área de influencia de Juan José Castelli al sur del departamento Gral. Güemes (Figura 20). La inclusión de una mayor cantidad de sitios dará.



❖ **Figura 20. Mapa preliminar de aptitud de suelos para el cultivo del algarrobo, departamento Cte. Fernández (izquierda) y sector sur departamento Gral. Güemes (derecha).**



1.8. ¿Cuál es el efecto de la poda y la densidad de plantación en el crecimiento de los algarrobos?

Martín Zárate, Javier Gyenge, Adriana T. Gómez

El cultivo del algarrobo blanco es relativamente reciente, y a pesar de que se han logrado avances en el ajuste de paquetes tecnológicos para su manejo, continúan siendo de difícil resolución los inconvenientes en el manejo de la forma y brotes epicórmicos de las plantas (chupones).

El algarrobo tiene un modelo de ramificación plagiótropo por sustitución y su modelo arquitectural se ajusta al modelo de Troll (Giménez et al. 1998). Así, el fuste se forma por la sucesión de órdenes de ramificación sucesivos en cada uno de los cuales se generan 3 ramas, generalmente una aborta y una de las restantes toma dirección ortótropa (hacia arriba) para continuar con la formación del tronco (Moglia y Giménez 2006). Como resultado de este modelo de ramificación, las plantas jóvenes de algarrobo creciendo en condiciones de plena luz y sin manejo, presentan ramificación abundante, siendo difícil la individualización de un eje líder. Algunos estudios sobre esta especie mostraron un efecto positivo de la poda sobre el crecimiento del fuste siendo

determinante la intensidad y oportunidad de poda adecuadas (Ewens et al. 2005).

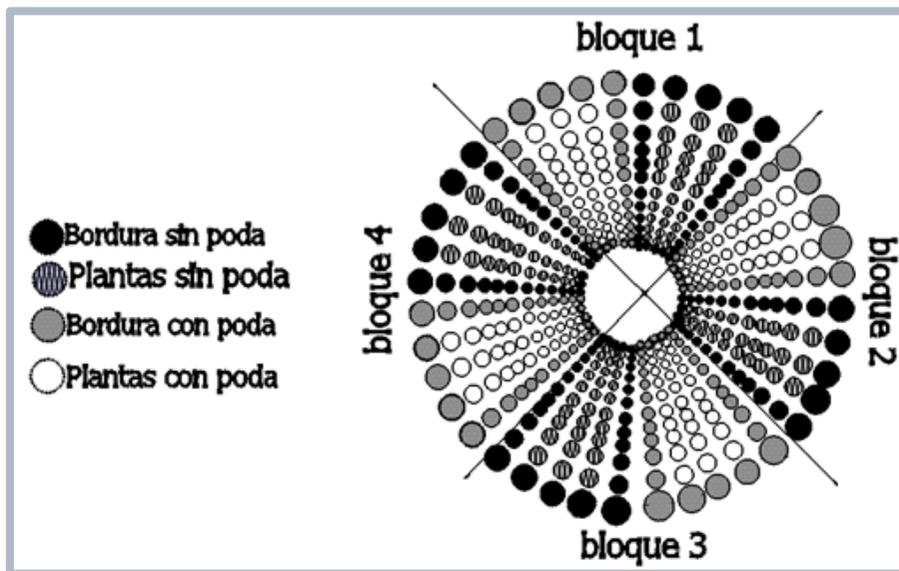
En función de ello, en el año 2005 se instaló un ensayo en la Estación Experimental Fernández (Santiago del Estero) con el objetivo de probar si la poda y las distintas densidades de plantación afectaban el crecimiento volumétrico del fuste (tronco principal) de los algarrobos. Se tuvo en cuenta la densidad de plantación, dado que es una especie heliófita (requieren de plena exposición a la luz solar para vivir), y distintas densidades generan distintos ambientes lumínicos o distintos niveles de luz en las plantaciones.

El ensayo se realizó empleando el diseño Nelder (Figura 21) y se aplicó como tratamientos la poda y no poda. Este diseño permitió probar en 10 densidades de plantación (450, 560, 750, 1.000, 1.300, 1.700, 2.200, 3.000, 4.000 y 4.500 pl.ha⁻¹) el efecto de la poda o no poda del fuste (tronco principal) de los algarrobos. La poda se realizó dos veces por año (julio y enero) buscando lograr un fuste de más de dos metros de altura libre de ramas.

En el año 2007 se efectuó la primera poda (poda de formación), la cual consistió en la extracción de algún tallo para disminuir la bifurcación, ramitas quebradas, entre otras. Sin embargo, no se cuenta

con un registro de esta práctica. A partir del año 2008 comenzaron las podas de conducción, finalizando el estudio en el año 2012, año en el

que no se realizó ninguna poda debido a que los fustes no generaron ningún brote epicórmico luego de la poda del año 2010.



❖ **Figura 21. Croquis del experimento de poda y densidad. Cada círculo independientemente del tratamiento de poda representa una determinada densidad.**

Las podas se realizaron empleando ciertos criterios, surgidos de experiencias empíricas, los cuales tuvieron en cuenta la operatividad de la tarea y la mejora de la calidad de la madera (incluyendo la posibilidad de disminuir el riesgo de estimular a la planta a una respuesta compensatoria ante la pérdida de área foliar). En consecuencia, se definió como rama que debe podarse a la que cumplía con:

- No tener un diámetro basal mayor a 2,5 a 3 cm (podar antes de que superen este tamaño) y situarse en el primer tercio de la altura total del árbol y/o crecer con dirección hipogea (hacia abajo)
- Competir con el eje principal
- Estar enferma y/o quebrada, lo cual representa una posible entrada de patógenos
- Ser muy vigorosa, brotando como respuesta a disturbios (chupones)

Para poder medir y comparar el crecimiento se usaron los datos de sección y largo de los fustes transformando estas magnitudes en volumen de fuste. La Figura 22 muestra las alturas a las cuales

se midieron las secciones en plantas podadas y no podadas. En el caso de las plantas no podadas se midió, además de las secciones y largos del fuste principal como si este se hubiera podado, el de las ramas laterales que también conforman el fuste de estas plantas (Figura 22).

Para el cálculo del volumen de fuste (VF) se empleó la fórmula de Smalian que asimila el volumen de fuste al de un cilindro. Así, se cubicaron los fustes en pie a partir de las distintas secciones (S). En el caso de las plantas no podadas se obtuvo el VF empleando la suma de las secciones de todos los tallos a las diferentes alturas, y el volumen del fuste elegido (VFe) se calculó empleando la sección del fuste que se hubiera elegido para efectuar la poda. Los volúmenes de fuste luego se calcularon para la unidad de superficie representada en este caso por la hectárea.

Se pudo observar que el volumen de fuste (VF) a nivel de árbol fue sensible a los tratamientos de poda (excepto en el último año de medición) y distanciamiento, como así también a su interacción (exceptuando el mencionado año) (Figura 23b).

Con poda**Sin poda**

❖ Figura 22. Imagen de plantas con poda indicando los diámetros para los cuales se calcularon las secciones (S) y plantas sin podar indicando los diámetros en los múltiples ejes donde se calcularon las secciones (S) y el eje principal si este hubiera sido podada indicando la sección elegida (Se). Foto: Martín Zárate.

En cuanto a los valores de VF por hectárea, la interacción no fue significativa en ninguno de los años de medición, y el factor poda no fue significativo en el último año de medición (Figura 23c). Los árboles con poda de las menores densidades de plantación presentaron los mayores valores de VF en el año 2012 ($0,0332 \pm 0,0187 \text{ m}^3 \cdot \text{árbol}^{-1}$) (Figura 23b). El mayor valor de VF por hectárea se dio en el tratamiento de plantas podadas con una densidad de $4.000 \text{ pl. ha}^{-1}$ ($37,14 \pm 16,69 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, Figura 23d). Si bien existen diferencias significativas del VF a nivel de árbol individual, los valores medios en el 2008 no muestran mucha variabilidad entre tratamientos. Desde el 2009 comienzan a diferenciarse más claramente los VF entre densidades, en donde se observa una relación negativa con la densidad de plantación. Al llevar este valor a hectárea, el VF es mayor en las mayores densidades de plantación. Se observa una disminución del VF a partir del año 2009 en la parcela con la mayor densidad de plantación, con una mayor disminución en las parcelas sin poda, posiblemente debido a la alta competencia intraespecífica (Figura 23c y d).

Consideraciones finales

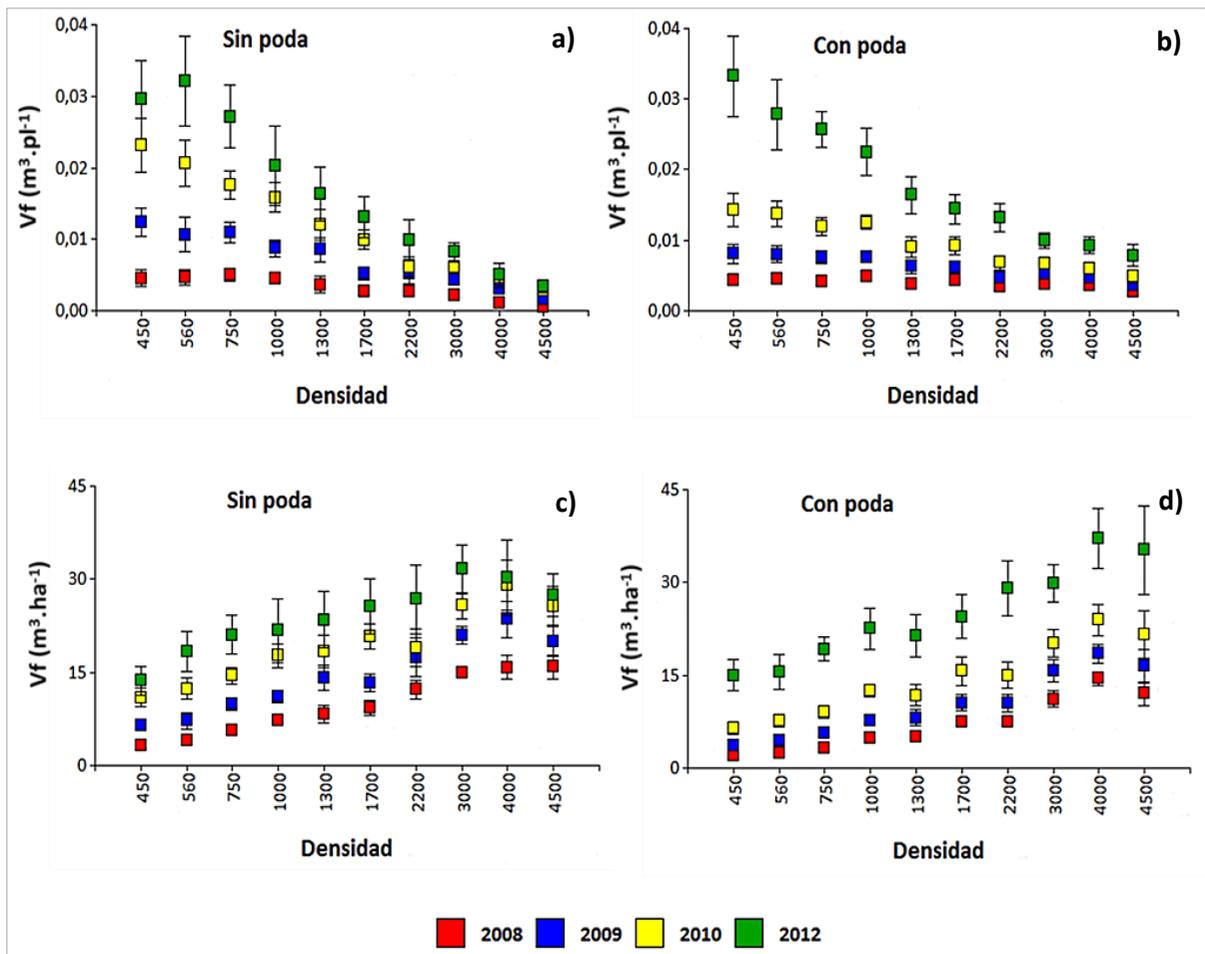
Si bien existen antecedentes del efecto de estas prácticas en plantas de algarrobo blanco, en esta investigación en particular se utilizó una amplia gama de densidades combinadas con poda. Así, el diseño empleado (Nelder) fue eficiente y aportó

una rápida respuesta a la interacción debido a la competencia, esto facilitó el análisis y observaciones en los árboles respecto a valores de crecimiento de los fustes. De esta manera, este trabajo sirve como una fuente metodológica en cuanto al diseño, presentación y análisis de las parcelas de un ensayo Nelder aplicado a la investigación forestal, también se pudo demostrar que el crecimiento de *P. alba* hasta los 7 años de edad en plantaciones de bajas densidades de plantación ($450, 560, 750$ y $1.000 \text{ pl. ha}^{-1}$) tienen el potencial para lograr los mayores volúmenes de fuste y con pocos nudos en su madera. Al mismo tiempo, la poda permite disminuir la competencia intraespecífica, por lo cual las plantas siguen creciendo sin necesidad de raleo en comparación con plantas a la misma densidad sin poda.

De nuestros resultados se puede deducir que los criterios y frecuencia de poda empleados en este ensayo fueron adecuados y podrían ser justificados práctica y económicamente para ser aplicados en plantaciones comerciales de algarrobo. De hecho las plantaciones de algarrobo blanco en la región de estudio son manejadas por recomendaciones técnicas de la ley nacional 25.080 la cual subsidia con su mayor valor a plantaciones con una densidad mayor de 500 pl. ha^{-1} , y esto coincide con una de las densidades de mayor desempeño analizadas. La maximización de la producción de madera depende de la gestión conjunta de los recursos del sitio y la intensidad de los

tratamientos. Es necesario en un futuro incluir el raleo (su respuesta) en el modelado, dado que el

raleo liberaría recursos y su efecto en *Prosopis* no está estudiado completamente.



❖ Figura 23. a) Volumen de fuste promedio por árbol sin poda en función de la densidad. b) Volumen de fuste promedio por árbol con poda en función de la densidad. c) Volumen de fuste promedio por ha sin poda en función de la densidad. d) Volumen de fuste promedio por ha con poda en función de la densidad.



1.9. Determinación del momento oportuno de raleo de algarrobo blanco en plantaciones: técnica alternativa para la medición de anillos de crecimiento

Adriana T. Gómez, Fernando Rossi, Sandra Bravo

El algarrobo blanco es una de las especies promocionadas en Santiago del Estero y puede consociarse con pasturas. Esto le otorga una oportunidad de establecerse en sistemas

silvopastoriles como una alternativa interesante para productores que no se especializan en la actividad forestal.

Dado que la producción forestal es una actividad de largo plazo, el buen manejo a lo largo del ciclo productivo determina la validez de la inversión. Hasta el momento se ha estudiado el crecimiento de algarrobo blanco en bosque nativo, pero se desconoce su crecimiento en plantación y por ende su manejo en relación al

momento oportuno de raleo. Normalmente, cuando están planificados de antemano, estos estudios se realizan con el árbol en pie, midiendo la evolución del diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP). Sin embargo, las plantaciones existentes, no cuentan con estos datos históricos, dando lugar a estudios de los anillos de crecimiento en tortas (secciones de fuste cortadas transversalmente).

En este contexto, se está estudiando el desempeño del algarrobo blanco en plantaciones combinado con pasturas para producción bovina, permitiendo diversificar el riesgo y tener extracciones a corto, mediano y largo plazo. En el presente trabajo se muestran resultados del crecimiento de plantaciones jóvenes de algarrobo blanco para estimar el momento oportuno de raleo mediante una técnica sencilla de conteo de anillos de crecimiento.

El raleo es un tratamiento silvícola que se aplica sobre bosques naturales o plantaciones a fin de concentrar la producción potencial de madera en un limitado número de árboles seleccionados (Hawley y Smith 1972). Se busca entonces

redistribuir el crecimiento de los algarrobos de manera óptima, regulando el uso de los recursos (agua, luz y nutrientes) en su espacio de crecimiento. Los árboles remanentes aumentarán su crecimiento como respuesta al raleo concentrando el crecimiento en un menor número de árboles, pero de mayor calidad, aumentando así el valor de la madera producida. Una de las limitantes para la toma de decisiones es el momento oportuno de raleo, el cual se realiza mediante la evaluación del crecimiento en diámetro.

Para determinar el crecimiento de algarrobo blanco, se muestrearon 5 plantaciones de esta especie en sitios del área de riego del Río Dulce y Salado (Santiago del Estero) y una plantación en Leales (Tucumán). Estas plantaciones fueron elegidas ya que presentaban al menos una poda (Cuadro 5). Del inventario de estas plantaciones se seleccionaron y muestrearon 3 ejemplares de mayor altura y DAP en cada una de las plantaciones (15 tortas en total). Los espesores de los anillos de crecimiento se midieron en las tortas correspondientes a 0,3 m de altura de fuste de los ejemplares dominantes.

Cuadro 5. Sitio de plantación, fecha de implantación, ciclos completos de crecimiento al momento de la toma de muestras, objetivo de la plantación y superficie y marco de plantación cada una de las plantaciones estudiadas.

Sitio	Fecha de plantación	Ciclos de crecimiento completos	Objetivo de la plantación y superficie	Marco de plantación (m)
San Isidro	Febrero de 1992	21	Investigación (0,56 ha)	8 x 5
Fernández	Mayo de 1998	15	Investigación (2 ha)	4 x 4
Forres	Noviembre de 2000	12	Comercial (30 ha)	4 x 4
Herrera	Diciembre de 2007	5	Comercial (60 ha)	2 x 8
Leales	Enero de 1999	14	Investigación (9 ha)	10 x 10

Para obtener una superficie lo suficientemente homogénea y distinguir los anillos de crecimiento, se eliminaron las marcas de motosierra con una lijadora industrial de grano 30. Posteriormente, con una lijadora manual orbital se trabajaron las tortas (35 cm de diámetro aprox.) según el protocolo (Figura 24). Con las muestras en condiciones, se procedió al conteo de anillos.

La marcación de anillos de crecimiento se realizó bajo lupa estereoscópica Zeiss de 20 a 35x de aumento, las muestras se digitalizaron con escáner HP Scanjet G2410, a una resolución de 1200 dpi. Las mediciones se realizaron sobre estas imágenes con el uso del software de acceso libre IPWIN 4, y los datos se procesaron con los programas Dendrochronology Program Library (DPL) e InfoStat.



❖ **Figura 24. Izq.: Lijado de muestras con lijadora orbital. Der.: Paso a paso del lijado.**

Grano de lija	Tiempo
40	30'
60	15'
80	15'
120	15'
180	15'
220	10'
280	10'
320	10'
360	10'
400	10'
500	10'
600	10'
Total	160'

La determinación del turno de corta no fue posible de establecer debido a la corta edad de las plantaciones. De todos modos, mediante el cruce de las curvas de incremento corriente anual (ICA) y de incremento medio anual (IMA), se pudo determinar la necesidad de raleos. Esto surge de una notoria competencia entre los árboles que hace caer el crecimiento corriente en relación al crecimiento medio anual (Perpiñal et al. 1995). La Figura 25 muestra la curva promedio de ICA e IMA (de incremento radial) de todas las plantaciones juntas.

Las caídas abruptas a partir de los años 5, 12 y 14 se deben meramente a la diferencia en el número de muestras en el cálculo de la curva promedio. Los resultados arrojaron incrementos radiales anuales promedios de 6,96 mm hasta la edad de 21 años, incrementos anuales de sección promedio de 32,21 cm² en el mismo rango etario. En general se puede ver como la curva de ICA cae bajo el IMA a partir del año 11° desde la plantación.

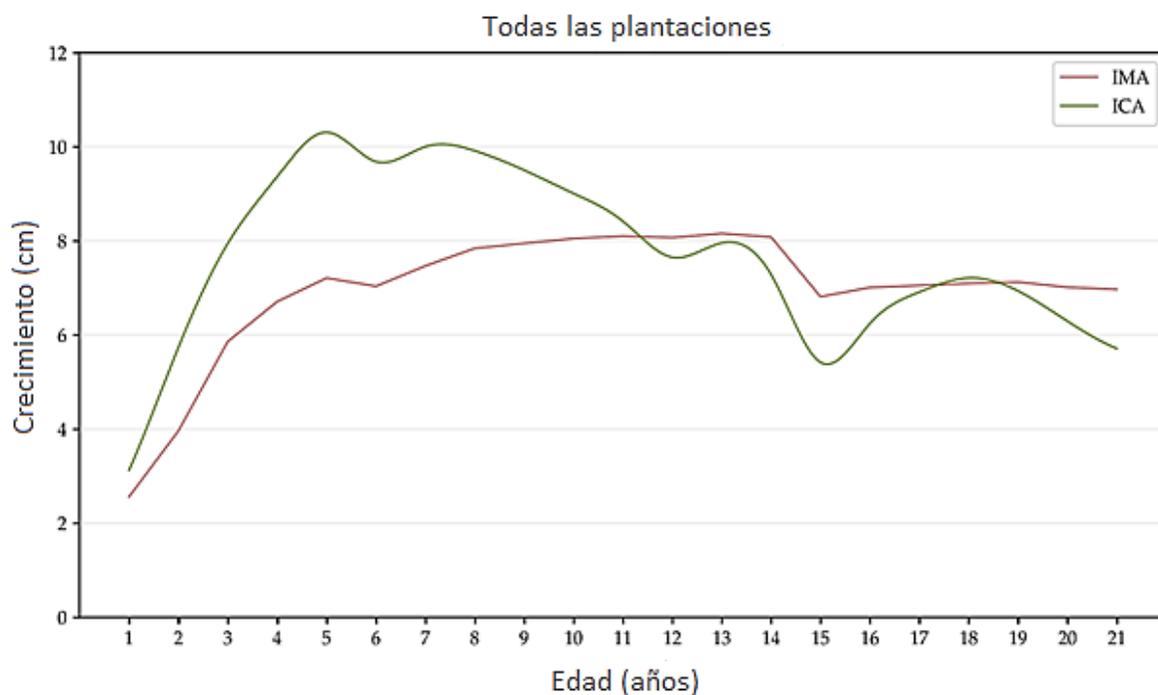
La plantación de Leales posee una curva de incrementos anuales acumulados (radiales y de sección) con pendiente de curva estadísticamente superior a las demás plantaciones. Por ese motivo, las curvas de ICA e IMA de esta plantación (marco

de plantación: 10 m x 10 m) se analizan separadamente (Figura 26). En este caso el raleo se recomienda en el año 13° para motivar el crecimiento radial anual que decae desde el año 7°. Para el caso de las plantaciones de Fernández y Forres (marco de plantación: 4 m x 4 m), el raleo hubiera sido adecuado a los 9 años de plantación (Figura27).

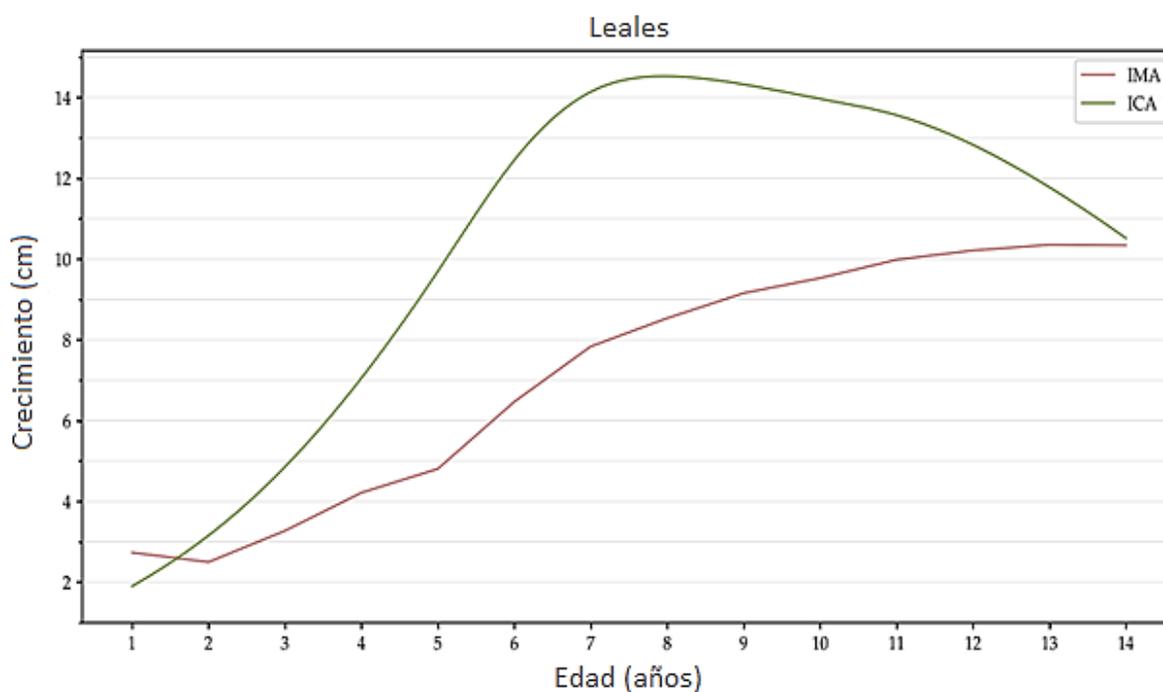
Consideraciones finales

Determinar el crecimiento de especies arbóreas es relativamente sencillo y no es necesario invertir en equipamiento específico y costoso. Con una lijadora de mano, una impresora de 1200 dpi, una lupa estereoscópica y algún software de acceso libre, se pueden lograr óptimas determinaciones de crecimiento. Con las tecnologías nuevas y el bajo costo de adquisición de ellas, es imaginable pensar en un futuro cercano, con una resolución de escaneo suficientemente alta como para realizar, no solo las mediciones, sino también las marcaciones digitalmente.

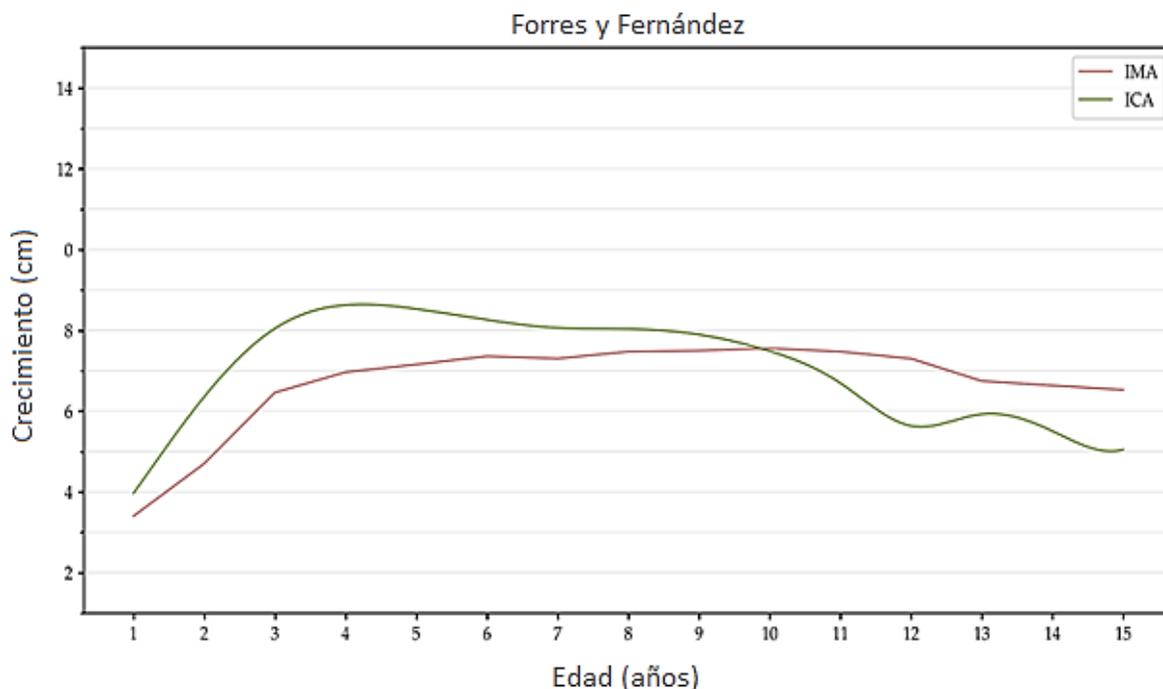
La técnica explicada en este artículo es especialmente válida cuando se quiere medir el crecimiento pasado en árboles, con la posibilidad de modelar su crecimiento y tomar medidas silviculturales para el manejo de bosques naturales o implantados.



❖ Figura 25. Curvas de ICA e IMA de incremento radial promedio de todas las plantaciones analizadas.



❖ Figura 26. Curvas de ICA e IMA de incremento radial promedio de la plantación de Leales.



❖ **Figura 27. Curvas de ICA e IMA de incremento radial promedio de las plantaciones de Forres y Fernández.**



1.10. Tolerancia a la sequía en algarrobo blanco

Diego López Lauenstein y Laura Fraschina

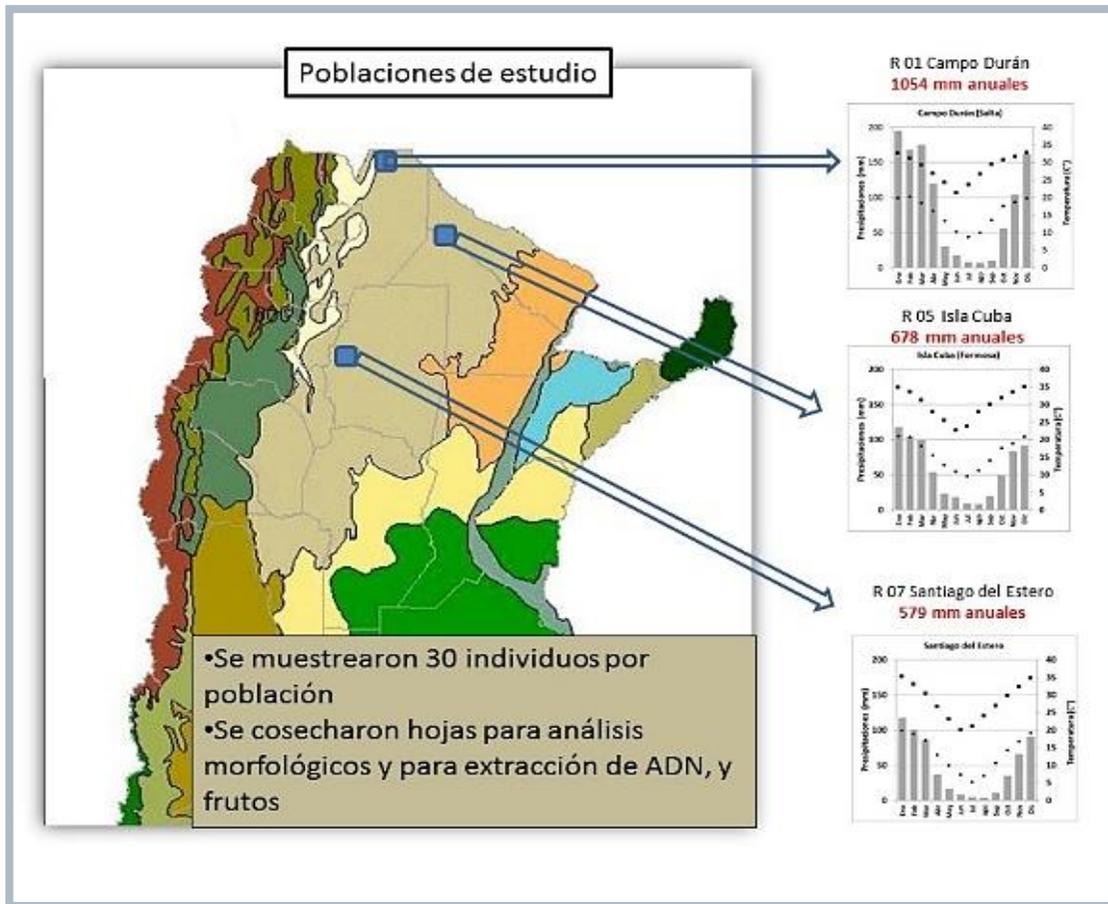
Las plantaciones con especies forestales nativas en la región chaqueña están sujetas a períodos de sequía que pueden ser muy severos, principalmente en la etapa de implantación donde las plantas son más vulnerables. El cambio climático potenciará los episodios de sequía para lo cual necesitaremos contar con materiales de propagación (semillas) con una alta plasticidad fenotípica que garanticen un buen potencial de crecimiento en condiciones favorables y a la vez un alto porcentaje de supervivencia en períodos de sequía extrema. El algarrobo blanco es la especie, dentro del género *Prosopis*, de mayor rango de distribución en el país. Se encuentra desde el sur de la Provincia de Córdoba, hasta el sur de Bolivia y Paraguay. Al ser una especie de tan extensa distribución se pueden identificar diferentes

grupos que crecen en zonas ambientales muy distintas. Los estudios ecofisiológicos constituyen una fuente de información clave en los programas de mejoramiento y conservación de especies forestales nativas. En base a estos estudios se pueden determinar caracteres de selección temprana tanto para la adaptación a ambientes estresantes como para la producción.

Para conocer la tolerancia a la sequía se instaló un ensayo en invernadero donde se evaluaron tres poblaciones de algarrobo blanco. En la Figura 28 se muestra la ubicación geográfica y las condiciones climáticas de los sitios:

- R01 Campo Durán (Provincia de Salta)
- R05 Isla Cuba (Provincia de Formosa)
- R07 Santiago del Estero (Provincia de Santiago del Estero)

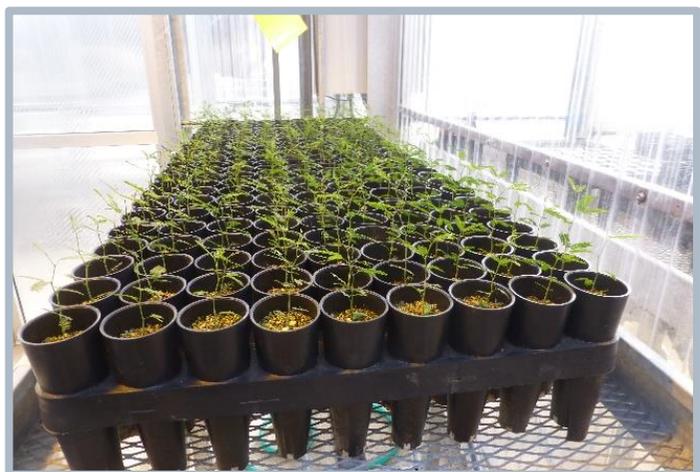
Se utilizaron tubetes de 400 cm³, agrupados en bandejas de 54 tubetes con sustrato de vermiculita (Figura 29).



❖ **Figura 28. Distribución de las poblaciones de estudio.**

El riego se realizó con solución nutritiva Hogland. Los tubetes se pesaron y regaron tres veces por semana, manteniéndose con el 100% del agua útil durante los primeros 45 días. A partir de ese momento el contenido de agua de las macetas se fue reduciendo paulatinamente hasta llegar al 5%.

Ese punto se alcanzó a los 100 días desde el inicio de la reducción del riego. Por medio de la pesada de la maceta se calculó el volumen de riego y de este modo la disminución del contenido de humedad de cada maceta fue independiente del tamaño de la planta y del consumo.



❖ **Figura 29. Ensayo en invernadero. Foto: Diego López Lauenstein.**

Se estableció un sistema de clasificación para registrar el estado de cada planta, según el siguiente criterio (Figura 30):

- Clase 4: Planta sin síntomas de estrés
- Clase 3: Amarillamiento de hojas
- Clase 2: Caída del 50% de las hojas
- Clase 1: Tallo sin hojas o con una hoja amarilla
- Clase 0: Planta muerta



❖ Figura 30. Clases de estado de planta según el daño por estrés hídrico. Foto: Diego López Lauenstein.

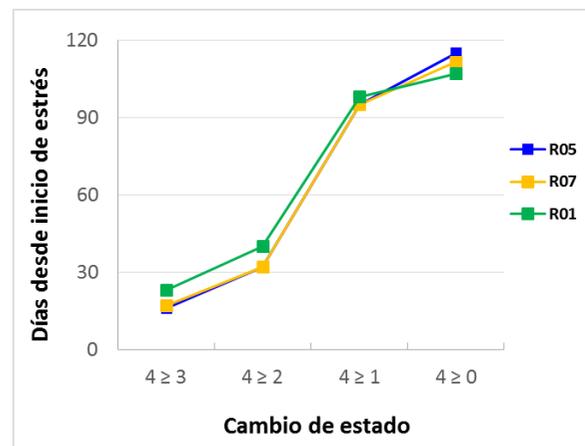
La población R01 “Campo Durán” se diferencia de las otras dos poblaciones en los días transcurridos para pasar de estado de daño por estrés hídrico (Figura 32). En el pasaje de categoría 4 a 3 y 3 a 2, la población R01 demora más tiempo implicando una mayor tolerancia y mayor tiempo de permanencia de las hojas verdes. Esto posibilita mantener la capacidad fotosintética de la planta. El cambio de categoría 2 a 1 la diferencia es menor, pero sigue siendo significativa y con más tiempo para la población R01, mientras que en el pasaje a la última categoría (categoría 0 planta muerta) esta tendencia se invierte ya que las plantas pertenecientes a la población R01 son las que primero mueren (Figura 31).

Consideraciones finales

Las poblaciones estudiadas se comportan como tolerante en la primera etapa y susceptibles en la última, o viceversa; ninguna de las poblaciones en estudio fue tolerante en todo el ciclo. Sin embargo, se pudo observar individuos (plantines)

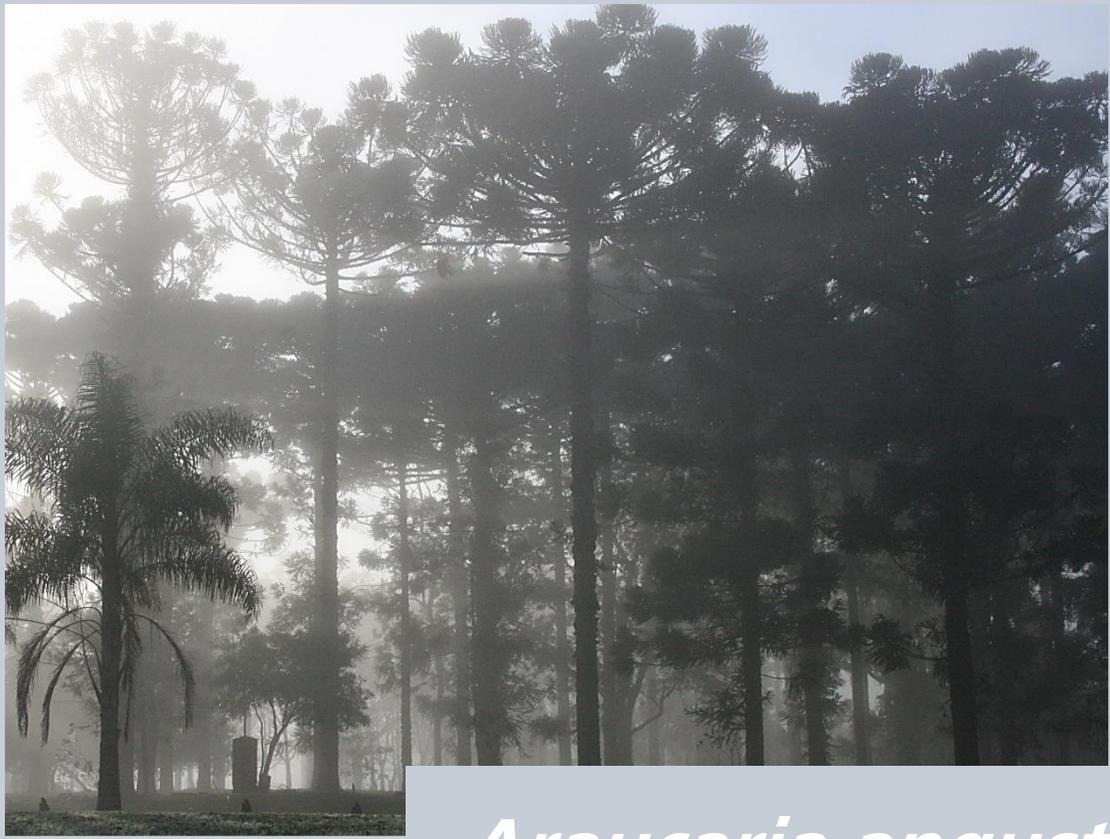
En base al estado de la planta en cada fecha de observación se calcularon los días transcurridos desde el inicio del tratamiento hasta el cambio de categoría. Cuantos más días transcurren, más tolerante es la planta. De esta forma se transformó una variable categórica (categorías 4, 3, 2, 1 y 0) en una variable continua (días) lo cual facilita el análisis estadístico.

que retrasaron los primeros síntomas de estrés y se mantuvieron vivos por más tiempo. Esto nos da la posibilidad de realizar selección dentro de las poblaciones y mejorar la adaptación de la especie a la sequía.



❖ Figura 31. Días transcurridos desde inicio del tratamiento de estrés hasta cada cambio de estado por población.





Araucaria angustifolia



2.1. Introducción

La zona de ocurrencia natural de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. (pino Paraná, araucaria) en la República Argentina abarca desde el centro norte de la provincia de Misiones hasta la frontera con Brasil (Cozzo 1980). Esta especie ha sido histórica en el desarrollo del sector forestal y de la economía de la provincia, ya que su extracción junto con otras especies del bosque nativo, contribuyeron fuertemente con la colonización desde inicios del siglo XX (Fahler 1981).

El pino Paraná puede alcanzar los 40 metros de altura y 1,5 m de diámetro en su estado natural (Dimitri et al. 1998). No obstante, en plantaciones comerciales en Argentina, la corta se realiza aproximadamente con 40 cm de diámetro y es alcanzado alrededor de los 30 años de edad. El cultivo del pino Paraná puede comenzar con la siembra directamente a campo, o bien, ser plantada a partir de plantas producidas en vivero. Es una especie heliófila, muy exigente en nutrientes y tiene mayor demanda que las demás coníferas (Blum 1980; De Hoogh et al. 1980). Los suelos denominados comúnmente "rojos profundos", pertenecientes a los órdenes Alfisoles y Ultisoles, siempre que no presenten un alto nivel de degradación física o erosión, son aptos para el cultivo comercial de esta especie (Fernández et al. 1999).

En la provincia de Misiones el incremento medio anual y el turno de corta final estimado para la especie, es de 15-18 m³/ha/año y 25 a 30 años, respectivamente. Para edades entre 20 y 30 años alcanzan volúmenes de 230 m³ .ha⁻¹, con una densidad arbórea de 257 pl.ha⁻¹. En general estos crecimientos son inferiores a los que se logran con plantaciones de *Pinus taeda* L. de 20 años de edad más de 300 m³.ha⁻¹) en la misma región (Martiarena 2007) siendo un factor que incide en

(la elección de la especie a cultivar por parte del productor. Sin embargo, las características que presenta la madera de esta conífera la hacen muy atractiva para la industria, en distintos destinos. Su madera es clara de color amarillo a blanco cremoso, presenta diseño floreado en el corte tangencial y vetado en el corte radial. La densidad de la madera anhidra es de 0,50 g.cm⁻³ y en verde de 0,85 g.cm⁻³. Es una madera aserrable sin dificultad, fácil de trabajar, tanto en los procesos manuales como mecánicos. Se debobina fácilmente y toma bien los adhesivos, tintes, lustres y barnices. Presenta amplio usos como en muebles, molduras, laminados, pulpa para papel, construcción y carpintería en general.

Por otro lado, es importante destacar que la provincia de Misiones declaró en 1986 como Monumento Natural Provincial, de interés público, y fuera de comercio, a los ejemplares nativos de las especies de *A. angustifolia* (pino Paraná) por medio de la Ley N.º 2.380. La misma establece que los ejemplares ubicados en tierras fiscales provinciales, de entes autárquicos, descentralizados, municipales y/o de propiedades privadas no podrán ser talados a fin de lograr la preservación, conservación y reproducción de las especies, evitando así su extinción.

Ante el gran potencial de esta especie conífera nativa, se ha dedicado grandes esfuerzos para identificar las condiciones ambientales y de manejo que optimicen el crecimiento y la productividad de araucaria. En este marco, investigadores de la región han trabajado en el desarrollo de prácticas que mejoren la productividad de araucaria cuidando los recursos y mejorando la eficiencia de su uso ante diferentes manejos silvícolas, resultados que pueden ser resumidos en las siguientes páginas.

2.2. Evaluación simultánea de tipo de envase, compactación de sustrato y fertilización en vivero

Rodolfo Martiarena, Patricia Schmid, Otto Knebel, Jorge Costa, Jonathan Redes

La etapa de viverización para la producción de plantines de araucaria presenta algunas dificultades debido a la pérdida de poder germinativo en condiciones ambientales convencionales, por la recalcitrancia de las semillas. Esto motivó a realizar investigaciones orientadas a analizar distintos aspectos del proceso de viverización, entre ellos, el tipo de contenedores. Inicialmente las pruebas incluyeron recipientes de grandes dimensiones (10 o más litros), que si bien brindaron buenas condiciones de cultivo, no se consideran lo suficientemente prácticos para su manejo. Esto derivó en la prueba de bandejas multiceldas con resultados diversos, ya que uno de los principales problemas es la retención de humedad del sustrato utilizado.

El período óptimo de plantación de *A. angustifolia* se encuentra entre los meses de mayo y agosto, etapa que también coincide con el inicio de la obtención de semillas. Además, como se indicó, es una especie que posee semillas recalcitrantes, por lo que tienen un escaso margen de tiempo para ser utilizadas una vez maduras.

Por lo tanto, para sincronizar la cosecha y producción de plantas con la plantación es necesario mantener las semillas refrigeradas hasta el año siguiente, o bien, viverizarlas apenas cosechadas y mantener las plantas en vivero hasta el mes de mayo del año siguiente. Para analizar estos aspectos se realizó un ensayo en el vivero del Campo Anexo Manuel Belgrano (CAMB) del INTA, donde se probaron diferentes tamaños de bandejas multiceldas, compactación del sustrato y fertilización, con el objetivo de obtener plantas de calidad luego de 9 meses de viverización.

La germinación de las semillas de araucaria ocurre en forma heterogénea, por lo que el ensayo se llevó adelante en dos etapas. La primera etapa consistió en la germinación de las semillas propiamente dichas, las cuales procedieron de los árboles selectos de araucaria localizados en el CAMB. Las semillas fueron colocadas en cama de siembra de 5 m de largo x 0,80 m de ancho con arena y aserrín, y dispuestas en forma vertical en la cama de siembra, distantes 1 cm entre sí (Figura 32). Fueron cubiertas con un plástico de 200 micrones, el cual estuvo suspendido sobre arcos semicirculares para evitar el apoyo del mismo sobre las semillas y permitir la libre circulación del aire. La cama de siembra fue humedecida cada dos días. A los 30 días, se dispuso de una cantidad suficiente de semillas germinadas para dar inicio al ensayo.



❖ Figura 32. Semillas de araucaria en cama de siembra. Foto: Rodolfo Martiarena.

Se probaron 24 tratamientos que surgen de combinar el tamaño de las bandejas multiceldas, la compactación del sustrato y la aplicación de fertilizantes. Los tamaños de las bandejas multiceldas probados fueron: 100, 140, 250 y 270 cm³. El sustrato utilizado fue una mezcla de corteza de pino triturada con tierra en igual proporción, probándose sustrato sin compactar (como tradicionalmente se viene realizando) y con un 20% de sustrato adicional incorporado mediante presión uniforme en todo el envase. Posterior al llenado de los envases, se realizó el trasplante de los plantines de araucaria desde la cama de siembra a las bandejas, cuyo sustrato fue humedecido para no dañar la raíz.

A los 30 días del trasplante se aplicaron los tratamientos de fertilización. El mismo consistió en probar un biofertilizante (*Trichoderma* sp.), fertilización inorgánica (fertilizante Nitrofull con composición 12, 11, 18, 8, 2.6, 0.2, 0.02, 0.02, 0.02, respectivamente de N, P, K, S, Mg, Fe, B, Zn, y Mn) y un tratamiento sin fertilizar (Figura 33).



❖ **Figura 33.** Plantas de araucaria luego de 30 días de efectuado el trasplante. Foto: Rodolfo Martiarena.

Para evaluar los resultados de la aplicación de los tratamientos se realizó la medición de altura total (Ht) y diámetro de cuello (DAC) de las plantas, a los 9 meses de trasplantadas. Finalizada la medición, se tomaron las 9 plantas de mayor Ht de cada uno de los tratamientos, para determinar la biomasa de raíces (Br) y biomasa aérea (Bpa). La sumatoria de ambos compartimentos arrojó la biomasa total (Bt).

Se calcularon algunos índices que permitieron luego, determinar la calidad de la plantas en vivero. Entre ellos el índice de robustez, el índice de calidad de Dickson y la relación biomasa aérea con la biomasa de raíces.

Índice de robustez (IR):

$$IR = \frac{Ht (cm)}{DAC (mm)}$$

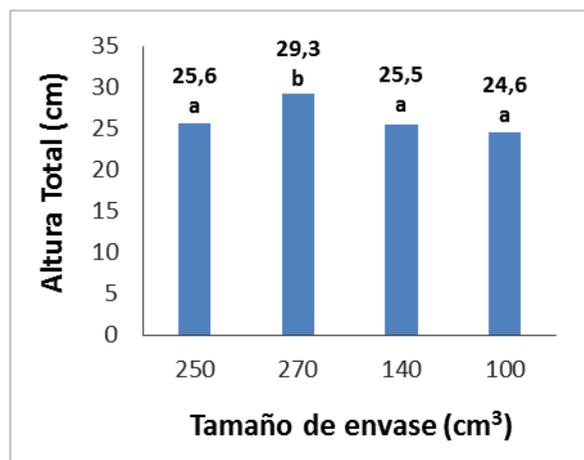
Índice de calidad de Dickson (IQD)

$$IQD = \frac{\frac{Peso Seco Total (g)}{Ht (cm)}}{\frac{DAC (mm)}{Peso Seco Biomasa Aérea (g)} + \frac{Peso Seco Raíz (g)}}{}$$

Relación biomasa seca aérea / biomasa seca de raíces

$$Bpa : Br = \frac{Bpa (g)}{Br (g)}$$

Los resultados del ensayo mostraron que el tamaño del envase modificó el crecimiento acumulado hasta los 9 meses de las plantas de araucaria. Las plantas que crecieron en los envases de 270 cm³ alcanzaron una altura de 29,3 cm y DAC de 4,39 mm, mientras que en los restantes envases el promedio de altura estuvo alrededor de 25 cm (Figura 34) con DAC similar al alcanzado en las bandejas multiceldas de 270 cm³.



❖ **Figura 34.** Crecimiento de las plantas de araucaria de 9 meses de edad en diferentes tamaños de envases.

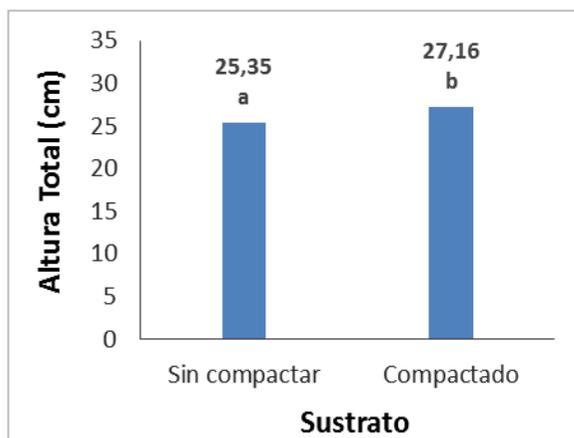
Independientemente de la diferencia de crecimientos entre los distintos tipos de envases, los valores se encuentran próximos a los 30 cm de altura, la cual se condice con la altura que habitualmente se llevan las plantas a campo.

El índice de Robustez fue de 6,69 para los envases de 270 cm³, cuyo valor corresponde al rango de valores óptimos que indican buena calidad de plantas. El índice de calidad de las plantas (IQD), excepto para los envases de 100 cm³, también mostró valores que se comportan en el rango de 0,5 a 0,6 para los diferentes tamaños de envases, rango que es considerado como óptimo para las plantas de araucaria. Finalmente, la bibliografía establece que, la relación altura total de la planta respecto del largo de raíces debe ser entre 1 y 2 veces, mientras que en el presente trabajo el valor hallado fue de 1,63 para los envases de 270 cm³.

Las plantas que crecieron en los envases con sustrato más compactado mostraron mayor crecimiento y mejores valores de índices respecto de las que crecieron en sustrato sin compactar. La respuesta encontrada puede deberse al mayor contacto suelo-raíz, favoreciendo el movimiento de agua y nutrientes hacia la raíz de la planta con mayor disponibilidad de éstos elementos (Figura 35).

La dosis de fertilizante inorgánico suministrada mejoró el crecimiento de las plantas. Si bien la dosis aplicada se realizó en cantidades muy pequeñas y en una sola oportunidad, cuyo fundamento tiene que ver con la no aceleración del crecimiento de las plantas ya que las mismas deben permanecer más tiempo en vivero que lo

habitual, parece haber sido una dosis que cumple con los requerimientos de las plantas de acuerdo con el objetivo establecido.



❖ **Figura 35. Crecimiento de las plantas de araucaria de 9 meses de edad con diferentes niveles de compactación del sustrato.**

Consideraciones finales

El empleo de bandejas multiceldas de 270 cm³ permite hacer la siembra luego de la cosecha de las semillas y mantener las plantas en vivero hasta el siguiente año para ser plantadas en los meses óptimos para la plantación.

La compactación del sustrato genera mejores condiciones para la retención de agua, con lo que se evita la pérdida de plantas durante el verano sin tener que intensificar los riegos.

La mejor combinación de tratamientos corresponde a los envases de mayor tamaño con compactación del sustrato y aplicación por única vez fertilizante inorgánico.



2.3. Efecto de la preparación de terreno sobre la productividad de *Araucaria angustifolia* y su impacto sobre las propiedades del suelo

Rodolfo Martiarena, Alejandra Von Wallis,
Norberto Pahr, Roberto Fernández, Ana María
Lupi, Otto Knebel

Los sitios con plantaciones forestales de la provincia, en su mayoría, se encuentran con

cultivo forestal de segundo o tercer ciclo de producción. Según Gayoso e Iroumé (1991) la reutilización de sitios en siguientes rotaciones acentúa la necesidad de incorporar variables ambientales en la planificación de las operaciones forestales para minimizar el impacto sobre el suelo y mantener la productividad en el largo plazo. Según Nambiar (2004), en las plantaciones con manejo intensivo, los mayores impactos ocurren durante la cosecha y la preparación del sitio,

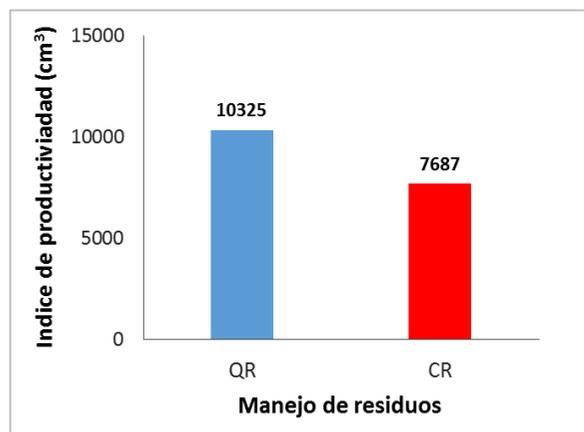
mientras que la oferta edáfica puede ser modificada negativamente por prácticas de manejo como la quema de residuos o en forma positiva mediante el laboreo, mantenimiento de residuos y fertilización (Mendhan et al. 2003).

La araucaria es una especie exigente en cuanto a requerimientos edáficos, por lo que las prácticas adecuadas durante el establecimiento podrían mejorar la productividad de la misma. Por ello, desde el INTA Montecarlo, en el año 1999 se instaló un ensayo cuyo objetivo es determinar el efecto de algunas prácticas de preparación de terreno sobre el crecimiento de *A. angustifolia* durante el turno de rotación (se estima 30 años). El estudio se realizó en la localidad de Colonia Delicia, Departamento Eldorado, Provincia de Misiones. La región donde se estableció el ensayo posee un clima subtropical húmedo, con ausencia de estación seca y precipitación media anual de 2.000 mm. El relieve del sitio es suave ondulado con una pendiente aproximada del 5%, cuyo suelo se clasifica como kandiodult, derivado del basalto, con predominio de arcillas caolinitas y óxidos de hierro y aluminio, de color rojo oscuro, bien drenado, muy profundo, con una secuencia de horizontes A, AB, Bt, BC, C y R (Martirena et al. 2012).

La evaluación se realizó sobre 12 tratamientos que son combinaciones de manejo de residuos (quema y mantenimiento), labranza de suelo (subsulado y rastra) y fertilización (fosfato diamónico 0, 60 y 120 g.pl⁻¹). La quema de residuos se realizó en el mes de abril de 1999 mediante fuego controlado de intensidad baja a moderada. La evaluación a turno completo se realiza sobre la condición edáfica y la productividad de la plantación. Se registran algunas propiedades químicas y físicas del suelo en los espesores 0-10 y 10-30 cm. La determinación de propiedades químicas se realiza en muestras compuestas e incluyen las siguientes variables: pH en agua (1:2,5), carbono orgánico-CO (Walkley-Black), suma de bases intercambiables-SB (Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ con NaCl), capacidad de intercambio catiónico efectiva-CICE, concentración de nitrógeno total-Nt (semi-micro Kjeldahl), fósforo total-Pt y potasio total-Kt (digestión húmeda ácida y espectrometría de emisión), fósforo disponible-Pd (Bray II), potasio

intercambiable-Kd (NaCl). En cuanto a propiedades físicas del suelo, se registra periódicamente la densidad aparente. La productividad se evalúa periódicamente mediante el registro de las variables de crecimiento. Durante los primeros años de la plantación se midió anualmente el DAC (diámetro a la altura del cuello de la planta) y Ht (altura total de la planta). A partir del tercer año se registró el DAP (diámetro a la altura de pecho).

Durante los primeros años de instalado el ensayo, la productividad de la araucaria fue superior en los tratamientos que se aplicó quema de residuos (Figura 36), producto de la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. A los 25 meses de edad de la plantación, sobre una altura promedio de la misma de 1,45 metros, los tratamientos con quema de residuos superaban en 30 cm a los tratamientos donde se conservaron los mismos. En el mismo momento los análisis de suelo mostraban mayor concentración de carbono orgánico en las parcelas de conservación de residuos y mayor concentración de calcio y magnesio en las parcelas donde se efectuó quema de los mismos. A los 36 meses, sobre una altura promedio de la plantación de casi 3 metros, las diferencias a favor de las parcelas con quema fueron de 30 cm.



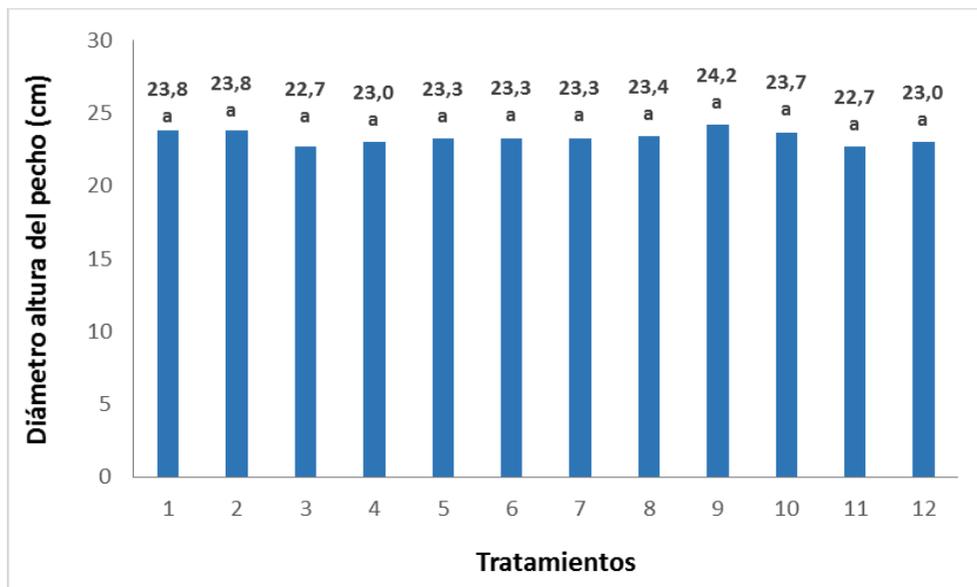
❖ **Figura 36. Índice de productividad determinado para araucaria de 36 meses de edad en función del de manejo de residuos. QR: Quema de residuos; CR: Conservación de residuos.**

A partir de los 10 años, el primer tercio del ciclo productivo de araucaria, la productividad fue similar en todos los tratamientos. Este

comportamiento se reitera en mediciones posteriores (a los 13 y 17 años) (Figura 37). Una mirada a las características del suelo muestra el efecto porque la mayor concentración de fósforo disponible fue hallada en los tratamientos de conservación de residuos, lo que podría indicar que esta práctica responde favorablemente sobre las propiedades químicas del suelo en el mediano y largo plazo de haber sido aplicadas. Por ello, se recomienda conservar los residuos luego de efectuada la tala rasa y evitar la quema de los mismos por la inevitable pérdida de elementos químicos contenidos en ellos.

Consideraciones finales

Los residuos provenientes de la cosecha forestal que son quemados durante la preparación de terreno de la nueva plantación, favorecen la productividad de araucaria, a nivel de rodal, en los primeros años de vida de la misma. Ello se relaciona con la mayor disponibilidad de elementos nutritivos en el sitio durante ese período. A partir de los 10 años (primer tercio de vida de la plantación) las diferencias en la productividad desaparecen y se hace evidente las mejores condiciones de calidad de suelo en los tratamientos que se conservan los residuos durante la preparación de terreno.



❖ **Figura 37. Crecimiento diamétrico de araucaria de 17 años de edad bajo diferentes tratamientos de preparación de terreno durante el establecimiento de la plantación.** Referencias: Tratamiento 1) Subsulado (Ls) + Quema (Rq) + 0 g fertilizante (F0); 2) Ls + Rq + 60 g de fertilizante (F60); 3) Ls + Rq + 120 g de fertilizante (F120); 4) Ls + Conservación de residuos (Rc) + F0; 5) Ls + Rc + F60; 6) Ls + Rc + F120; 7) Rastra (Lr) + Rq + F0; 8) Ls + Rq + F60; 9) Ls + Rq + F120; 10) Ls + Rc + F0; 11) Ls + Rc + F60; 12) Ls + Rc + F120.



2.4. Incremento en la productividad de plantaciones de *Araucaria angustifolia* por efecto de la fertilización en medio término

Rodolfo Martiarena, Alejandra Von Wallis, Otto Knebel

La araucaria presenta exigencias edáficas relativamente mayores en relación a otras especies

cultivadas en la región (Blum 1980; Fernández et al. 1988). Los mayores crecimientos los alcanza en los suelos denominados comúnmente "rojos profundos", pertenecientes a los órdenes Alfisoles y Ultisoles (Soil Survey Staff 2010), con bajos niveles de degradación física (Fernández et al. 1999). Algunos estudios muestran que la mayor disponibilidad de N en el suelo se correlaciona positivamente con el crecimiento de *A.*

angustifolia (Hoppe y Caldeira 2003). Esto también lo verificaron Villela et al. (2014) y Martiarena et al. (2002), al evaluar la fertilización con este nutriente. De la misma manera, la mejora nutricional por efecto de la micorrización, también afecta positivamente sobre el crecimiento en las plantas de *A. angustifolia* (Zandavalli et al. 2004).

Por otro lado, la mayor demanda de elementos nutritivos ocurre con el cierre de la canopia y coincide con la disminución del contenido de los mismos en el suelo, lo cual arroja como resultado una reducción del potencial de crecimiento de la plantación (Ramírez et al. 2016). Ello indica que producto de la apertura del dosel, en coincidencia con un aumento en la demanda de nutrientes, es posible esperar una respuesta a la aplicación de fertilizantes por la mejora de los niveles nutricionales en el suelo. Además, una fertilización post raleo permite que los nutrientes agregados sean aprovechados por el stock de plantas remanentes, los árboles seleccionados.

Los antecedentes sobre fertilización post raleo en el tercio medio de la edad de corta, son sumamente escasos y se desconocen en esta especie nativa de interés comercial. El objetivo perseguido con el estudio que se lleva adelante es determinar el efecto de la fertilización en medio término y el control de malezas sobre el crecimiento de plantaciones de *A. angustifolia*.

El lote donde se realizó el ensayo está comprendido en un ambiente con relieve suave a ondulado, cuyo suelo se clasifica como Kandiuclut y conocido localmente como suelo rojo profundo. El mismo se caracteriza por tener un desarrollo en profundidad mayor a los dos metros, libre de pedregosidad y bien drenado. El sitio proviene de una primera rotación con *Pinus taeda* de 22 años y la preparación del terreno incluyó la quema de residuos de la cosecha y el subsolado hasta los 40 cm de profundidad. En el mes de mayo de 2000 se procedió a la siembra de *A. angustifolia* con semilla comercial, a un distanciamiento aproximado de 2 m entre plantas y 4 metros entre líneas de plantación, coincidente con las líneas de subsolado. En el período invernal del año 2011 se efectuó el raleo de la plantación, cuya densidad remanente fue de 710 pl.ha⁻¹.

El ensayo consistió de una combinación de control de malezas -1) Sin control de malezas y la vegetación espontánea crece libremente (SCM) y, 2) Control de malezas por medio de una única aplicación de productos químicos (CCM)- y dosis de fertilizante. Los tratamientos de aplicación de fertilizante consistieron en: 1) Dosis de Súper Fosfato Triple; a) Sin aplicación de SFT (SP) y, b) Aplicación de 200 Kg.ha⁻¹ de SFT (CP); 2) Dosis de Urea; a) Sin aplicación de urea (SU) y b) Con aplicación de 200 Kg.ha⁻¹ de Urea (CU). La combinación de tratamientos cubrió todas las combinaciones posibles de control de malezas y fertilización. La Figura 38 muestra una vista de experimento.

El Cuadro 6 reporta los resultados obtenidos a 11 años de edad. Los valores se corresponden con el área basal de cada tratamiento para los 12 y 24 meses de haberse aplicado los tratamientos, como así también los incrementos generados para cada uno de los períodos (0-12, 12-24 y 0-24 meses).

Cuadro 6. Valores medios de área basal registrada durante el primer año y segundo año de aplicados los tratamientos y sus respectivos incrementos en la plantación de *A. angustifolia*.

Factores	G ₁	G ₂	IG _{1_0}	IG _{2_1}	IG _{2_0}
			(m ² .ha ⁻¹)		
SCM	15,6	17,4	1,3	1,7	3,0
CCM	15,5	17,2	1,2	1,7	2,9
SP	15,7	17,4	1,2	1,7	2,9
CP	15,5	17,2	1,2	1,8	3,0
SU	15,7	17,6	1,2	1,8	3,0
CU	15,4	17,1	1,2	1,7	2,9

Referencias: SCM: sin control de malezas; CCM: con control de malezas; SP: sin aplicación de fósforo; CP: con aplicación de fósforo; SU: sin aplicación de urea; CU: con aplicación de urea; G₁ y G₂: área basal al año y dos años, respectivamente, de aplicados los tratamientos; IG_{1_0} y IG_{2_1}: incremento de área basal en el primero y segundo año, respectivamente, de aplicados los tratamientos; IG_{2_0}: incremento de área basal en los primeros dos años de aplicados los tratamientos.

Consideraciones finales

La aplicación de fertilizante en combinación con el control de malezas en la plantación de 11 años de edad de *A. angustifolia* no se tradujo en un cambio significativo sobre el crecimiento. No obstante, la aplicación de fertilizante, en cualquiera

de reposición de nutrientes exportados para mantener la oferta nutricional en las sucesivas rotaciones y evitar la pérdida de fertilidad. Si bien, la reposición de nutrientes genera un costo para el productor y sin resultados tangibles en el corto

plazo, debe tomarse esto como una inversión a largo plazo, ya que con la fertilización repone parte de los nutrientes que se extraen en la cosecha y aportaría para mantener a mantener la capacidad productiva del sitio.



❖ Figura 38. Vista del sotobosque a los 12 meses de aplicados los tratamientos de control de malezas en plantación de *A. angustifolia* de 12 años de edad (tratamiento aplicado a los 11 años de edad de la plantación). a) Parcela de control de malezas y, b) parcela sin control de malezas. Fotos: Rodolfo Martiarena.



2.5. Efectos del raleo sobre el crecimiento y la producción de madera de *Araucaria angustifolia* en el Noroeste de Misiones, Argentina

Ernesto Crechi y Aldo Keller

Aunque *A. angustifolia* (pino Paraná), es una especie nativa de la zona Noreste de la provincia de Misiones y Brasil, su plantación comercial viene realizándose hace décadas en otras zonas de la provincia y permite producir mayor cantidad de madera por unidad de superficie y en menor tiempo, de la forma más económica posible y con las calidades adecuadas a su uso final. La poda y el raleo son las prácticas silvícolas que, oportuna y adecuadamente realizadas, definen en gran medida la calidad y cantidad de productos a obtener de una plantación, en definitiva su rentabilidad. El raleo puede producir los siguientes beneficios: producto final de mayor diámetro, retorno temprano de capital, utilización de material que va a morir o quedar oprimido, acortar

turnos de corta cuando se persigue un determinado diámetro, uniformar la forestación, eliminar individuos indeseables o enfermos, regular el ritmo de crecimiento para mejorar la calidad de la madera, entre otros.

Con el objetivo de evaluar el efecto de intensidades y oportunidades de raleo sobre el crecimiento y producción de madera, en el año 1992 se instaló un ensayo en una plantación comercial de *A. angustifolia* de 5 años de edad.

El ensayo se encuentra localizado en propiedad de la empresa Arauco Argentina S.A. (Ex Pecom S.A.), Departamento Iguazú, Provincia de Misiones, Argentina y se encuentra sobre un suelo "kandiudult" que pertenece a la unidad cartográfica 9 y se caracteriza por un desarrollo de suelo mayor de 2 metros, secuencia de horizontes A-Bt-C, rojo, libre de cascajos y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado, relativamente insaturado (Soil Survey Staff 1975, 1987; Mancini 1964). El clima corresponde a la región climática 5, lo que implica un clima

subtropical o montano bajo, subhúmedo, húmedo o perhúmedo, con régimen uniforme (Golfari 1965).

El ensayo fue instalado sobre una plantación comercial de *A. angustifolia* con una densidad de 2.524 pl.ha⁻¹. El tamaño de las parcelas netas fue de 819 m², con borduras perimetrales de 9 m, internas entre parcelas y entre bloques de 6 m, ocupando una superficie total de 5 ha. El diseño empleado responde a bloques completos al azar, con 3 repeticiones, con 3 niveles de intensidad y 3 niveles de oportunidad. Los tratamientos de intensidad fueron definidos por área basal, y caracterizados en: densidad completa (t_0 , testigo sin raleos) y raleos del 33% (t_1) y 66% (t_2) en relación al área basal del testigo; los 3 tratamientos de oportunidad fueron definidos con periodicidades de 2, 4 y 6 años, f_1 , f_2 y f_3 respectivamente. Considerando la naturaleza factorial del ensayo, las combinaciones de intensidades y frecuencias u oportunidades son: t_0 , t_1f_1 , t_1f_2 , t_1f_3 , t_2f_1 , t_2f_2 , t_2f_3 . Las mediciones se realizaron cada 2 años desde los 5 hasta los 21 años, donde se midieron los diámetros a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles vivos y la altura total correspondiente a una muestra de 10 árboles por parcela.

A través de un análisis de variancia se detectó que no existían diferencias estadísticas significativas entre las alturas promedio de los tratamientos, por lo que toda la base de datos se procesó de manera conjunta a través del sistema de procesamiento de parcelas e inventarios (Keck et al. 2005). Dicho sistema cuenta con ecuaciones propias para la especie, producto del simulador forestal para *A. angustifolia* (Friedl et al. 1997).

El tipo de raleo practicado fue por lo bajo, con el siguiente orden de extracción: árboles dominados, árboles intermedios, árboles codominantes defectuosos y en las parcelas más intensamente raleadas se extrajeron también algunos codominantes competitivos y algunos dominantes. El volumen total con corteza acumulado hasta los 21 años de edad para cada tratamiento, expresado en metros cúbicos por hectárea (m³.ha⁻¹), fue calculado como las existencias por hectárea presentes a los 21 años más lo extraído en cada raleo. Los volúmenes de

madera de más de 20 y 30 cm en punta fina, fueron calculados de similar manera.

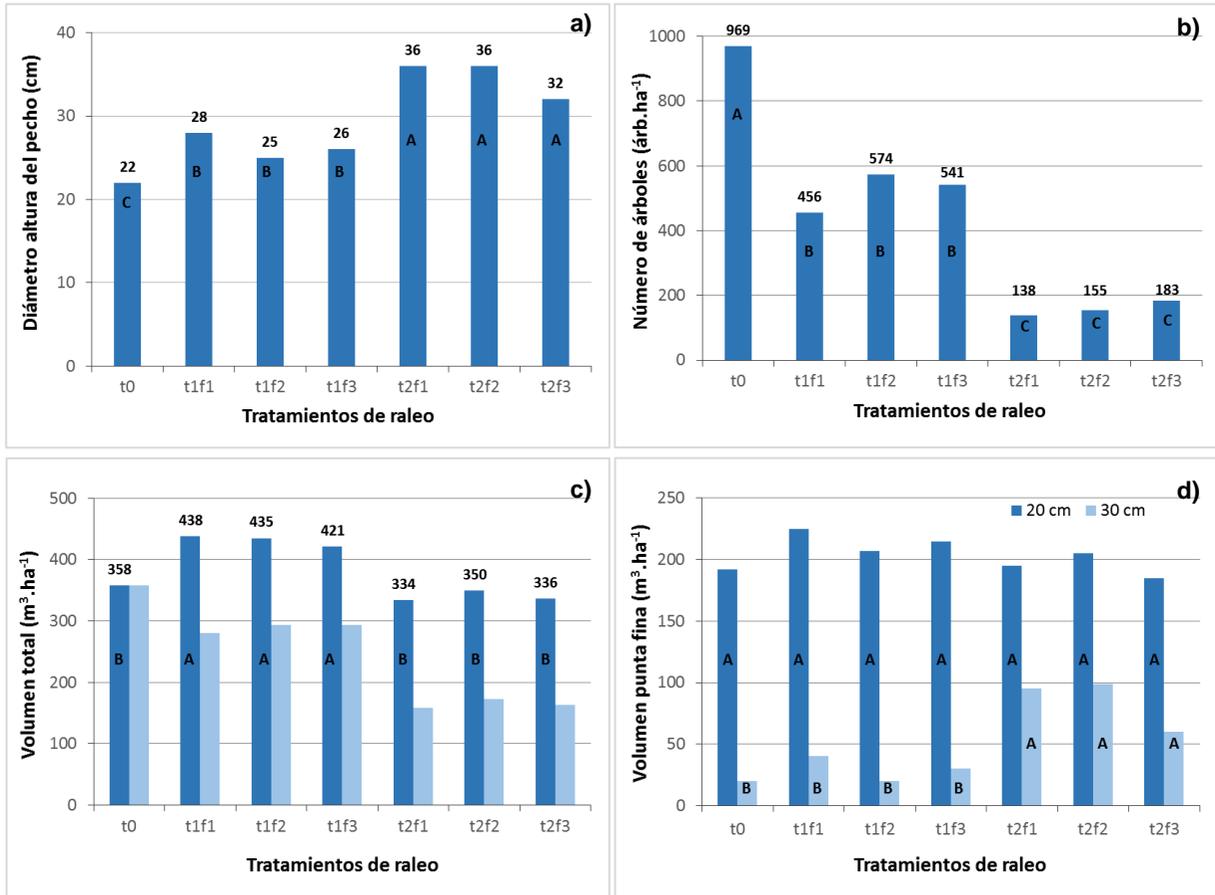
Los resultados muestran la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos de raleo, mostrando el efecto de la intensidad del raleo sobre el número de árboles presentes a los 21 años (Figura 39a). En la Figura 39b se reportan los resultados diámetros promedios de los tratamientos, donde se muestran diferencias significativas entre los mismos, indicando la influencia de la intensidad del raleo sobre el crecimiento diamétrico. Los mayores diámetros promedios, se encuentran en los tratamientos de mayor intensidad de raleo, correspondiendo al tratamiento más frecuente (t_2f_1) el mayor diámetro (36,4 cm). La comparación entre los demás promedios de los tratamientos, muestra una reducción del diámetro con el aumento de la densidad del rodal, caracterizando una tendencia inversa con relación al número de árboles.

El análisis estadístico del volumen total acumulado hasta los 21 años, mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 39c). Los tratamientos de mayor producción fueron los raleados con una intensidad del 33% (t_1) del área basal del testigo. Los tratamientos de menor producción y que no representan diferencias estadísticamente significativas fueron los raleados al 66% y el propio testigo. Del análisis de datos se desprende que los tratamientos raleados al 33%, fueron los que produjeron en este período los mayores volúmenes totales, variando estos de 421 a 438 m³.ha⁻¹; mientras que no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos raleados al 66% y el testigo (t_0), variando éstos entre 334 y 358 m³.ha⁻¹. Estos resultados estarían indicando preliminarmente hasta los 21 años, una tendencia a comprobar la teoría de ASSMANN, en la cual la producción total de una forestación es influenciada por la intensidad de raleo.

El análisis estadístico de la producción de volumen de más de 20 y 30 cm en punta fina, acumulado hasta los 21 años, mostró que los volúmenes de más de 20 cm en punta fina se distribuyen cuantitativamente en igual proporción en todos los tratamientos sin presentar diferencias significativas, mientras que los

volúmenes de más de 30 cm en punta fina se encuentran en mayor proporción en aquellos tratamientos con raleos fuertes (66%), mostrando diferencias significativas con los demás tratamientos (Figura 39d). En dicha figura puede observarse también que entre los tratamientos con raleo fuertes (t_2), una tendencia inversa de la producción de volumen grueso a medida que aumenta la oportunidad.

Esta tendencia también se pone de manifiesto entre los tratamientos con raleos suaves. Esto estaría relacionado a que los crecimientos en volúmenes decaen una vez superados los máximos incrementos anuales (ICA) en volumen grueso, dándose esta situación alrededor de la frecuencia (f_2 , cada 4 años) para los tratamientos fuertes y cada 2 años para los suaves.



❖ **Figura 39. Variables analizadas: a) Número de árboles a los 21 años, b) Diámetro promedio los 21 años, c) Volumen a los 21 años (celeste) y acumulado hasta los 21 años (azul), d) Volumen mayor a 20 y 30 cm en punta fina hasta los 21 años.** *Los tratamientos con igual letra, no presentan diferencias estadísticas significativas al 95%.*

Consideraciones finales

Los raleos suaves (t_1) acumularon los mayores volúmenes totales de madera. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de raleos para volúmenes acumulados con diámetros mayores a 20 cm en punta fina.

Los mayores volúmenes de 30 cm a más en punta fina se dieron en los tratamientos con raleos

fuertes (t_2). En los testigos (sin raleo) la mortandad de árboles llevó la densidad de 2524 a 969 árboles por hectárea de los 5 a los 21 años, lo que representó una mortandad del 62%.

El diámetro promedio presentó diferencias significativas con la intensidad de raleo. La intensidad ideal de raleo va depender principalmente de la finalidad de la madera a ser producida. Si la intención es producir el máximo

volumen total deberían realizarse raleos más suaves (t_1) o no hacerlos (t_0) partiendo de una densidad adecuada al turno.

Cuando se desea obtener madera de mejor calidad y mayores diámetros, los raleos fuertes (t_2) serían recomendables.



2.6. Impacto potencial de la cosecha "árbol entero" en plantaciones de araucaria sobre el contenido de N y P en áreas de suelos rojos

Roberto Fernández, Ana Lupi, Juan Goya, Jorge Frangi, Alejandra Von Wallis, Norberto Pahr, Rodolfo Martiarena

Las plantaciones pueden ser causa de impactos positivos y negativos respecto de los recursos biofísicos y de los servicios ambientales. A nivel de rodal, entre otros procesos, la gestión debe concentrarse en la conservación de las condiciones que determinan la fertilidad del sitio, para que las diferentes opciones futuras de uso del suelo puedan alcanzar elevados niveles de productividad, sustentando de esta forma la rentabilidad del negocio y el ambiente en el cual se desarrolla.

Al realizar un balance de nutrientes dentro de un sistema debemos considerar las ganancias y las pérdidas. Las vías de "ganancia" son la meteorización, los aportes atmosféricos, la fijación biológica y la fertilización; mientras que los mecanismos de pérdida están asociados a procesos de lixiviación, volatilización, erosión y cosecha. En términos generales podemos considerar que los ingresos por meteorización son insignificantes, tanto por la cantidad aportada como por los plazos involucrados. La principal salida de nutrientes de los sistemas forestales es la cosecha, y las cantidades extraídas dependen de la cantidad de biomasa y del tipo de producto cosechado. La cuantificación de los elementos inmovilizados en los diferentes compartimentos de los árboles permite conocer el balance nutricional de las plantaciones. Este conocimiento posibilita estimar la cantidad de elementos exportados, calcular las necesidades de reposición al suelo y orientar las prácticas silvícolas tendientes a mantener la productividad del sitio (Goya et al. 2009). Coincidente con lo que sucede a nivel

internacional, en la Mesopotamia se observa una tendencia hacia el aprovechamiento de los residuos de cosecha como fuente de biomasa para fines energéticos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes escenarios de cosecha en tala rasa de *A. angustifolia* de 27 años de edad sobre la estabilidad nutritiva del N y del P en el sistema forestal.

El estudio se realizó en la empresa Puerto Laharrague S.A., Depto. Montecarlo, Misiones (26° 30' de latitud sur y 54° 40' de longitud oeste). La temperatura media anual del área de trabajo es de 20 °C y las precipitaciones rondan los 2.000 mm anuales, con distribución tipo isohigro. Los suelos corresponden al gran grupo kandiuult (Soil Survey Staff 2010), rojos, profundos, bien drenados y de buena aptitud para araucaria (Fernandez et al. 1999).

En un rodal de *A. angustifolia*, de 27 años de edad se instalaron tres parcelas de inventario de 650 m² y se relevaron el diámetro a la altura del pecho (dap) y la altura total (ht) de todos los árboles. Para cuantificar la biomasa, y determinar la concentración de N y P en los diferentes compartimentos, se apearon 27 árboles, 9 en cada parcela. Los árboles apeados se separaron en: (a) fuste con corteza (c/c) hasta 5 cm de diámetro; (b) ramas entre 1 y 5 cm de diámetro; (c) ramas mayores a 5 cm de diámetro en los extremos; (d) ramas secas; (e) hojas. La concentración de N y P, por el método semi micro Kjeldahly y espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Inducido respectivamente, se determinó en alícuotas de los compartimentos mencionados. El porcentaje de corteza se determinó mediante el peso con y sin corteza de secciones del fuste de distintos diámetros mayores a 5 cm. La biomasa de cada parcela fue referida a una hectárea. Se ajustaron ecuaciones que relacionan la biomasa (peso seco) de cada compartimento con las

variables del rodal (Fernández Tschieder et al. 2004):

Peso hojas = $-67,01 + 4,389 \cdot \text{dap}$;

Peso ramas = $-137,238 + 7,145 \cdot \text{dap}$;

Peso fuste con corteza (c/c) = $635,374 + 32,302 \cdot \text{dap}^2 \cdot \text{ht}$;

Peso total de biomasa arbórea aérea = $-41,713 + 0,565 \cdot \text{dap}^2$.

En cada parcela se cuantificó la biomasa del sotobosque y del piso forestal. En el primer caso, el material se dividió en dos estratos: (1) arbustivo, subdividido en hojas y leño; y (2) herbáceo. El piso forestal se estimó separando las capas L (restos poco alterados) y las capas F+H (restos fragmentados y parcialmente desintegrados + necromasa en avanzado proceso de transformación). En cada caso, el muestreo se realizó mediante sub-parcelas distribuidas al azar, cuyo número y tamaño fueron: para el estrato arbustivo 15 unidades de 8 m², para el herbáceo 10 de 2 m², y para el piso forestal de 10 sub-parcelas de 0,25 m². Se determinó la materia seca y la concentración de N y P. En todos los compartimientos el contenido de nutrientes se calculó como el producto entre la concentración del nutriente y la biomasa/necromasa por hectárea.

En las tres parcelas también se muestreó el suelo hasta un metro de profundidad, tomando muestras compuestas por horizonte. Se calculó la densidad aparente por horizonte. Se determinó nitrógeno total por semi-micro Kjeldahl y fósforo disponible por Bray II. El contenido de los nutrientes se calculó mediante la sumatoria del producto entre su concentración y la masa de cada horizonte correspondiente a una hectárea.

Se simularon tres escenarios en función de los productos retirados del sitio:

1. Extracción de fuste entero hasta 5 cm sin corteza ($FE_{s/c}$) -descortezado en el sitio de apeo-;
2. Extracción de fuste entero hasta 5 cm ($FE_{c/c}$), modalidad tradicional en la región; y
3. Extracción de árbol entero (fuste $_{c/c}$, ramas y hojas), (AE) modalidad utilizada para cosecha de residuos con fines energéticos.

La comparación entre escenarios de cosecha se realizó mediante el Índice de estabilidad nutritiva determinado como $IEN = \text{nutriente exportado} / \text{nutriente remanente en el suelo hasta 100 cm}$; y a través de una variante del mismo índice calculada como $IEN_{s+p} = \text{nutriente exportado} / \text{nutriente remanente en el sitio (suelo hasta 100 cm + sotobosque + piso)}$.

El Cuadro 7 muestra la partición de la biomasa aérea del rodal de araucaria de 27 años de edad y el contenido de nitrógeno (N) y fósforo (P) por compartimiento. La secuencia indica que la proporción de la biomasa sigue el orden fuste>ramas>hojas y corteza similar a hojas. En las hojas se concentra el 47 y 43% del N y P respectivamente, mientras que en la corteza se encuentra el 23% de N y 25% de P. Estos dos compartimientos contienen solo el 12 y 13% de la biomasa aérea total. Los porcentajes de partición del Cuadro 7 resultaron similares a los detectados para araucaria por Sangueta et al. (2001), Schumacher et al. (2011) y Fernandez et al. (2012), en rodales de 29 a 33 años, de 27 y 40 años, respectivamente.

Cuadro 7. Biomasa y contenido de nitrógeno y fósforo, por compartimiento arbóreo en plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 27 años.

Compartimiento	Biomasa Mg.ha ⁻¹	%	N (Kg.ha ⁻¹)	%	P (Kg.ha ⁻¹)	%
Hojas	17,9 (0,45)	12	274,0 (54,6)	47	18,9 (5,5)	43
Ramas	23,6 (1,8)	17	85,1 (17,6)	15	8,2 (2,6)	19
Corteza	17,7 (0,8)	13	132,0 (19,3)	23	11,3 (1,0)	25
Fuste s/c	80,6 (3,5)	58	88,3 (14,1)	15	5,8 (2,2)	13
Total	139,8 (5,5)	100	579,5 (89)	100	44,2 (5,7)	100

Los desvíos estándar se encuentran entre paréntesis

La materia seca del sotobosque totalizó 5,8 Mg.ha⁻¹ de la cual el 68% provino del estrato arbustivo y el 32% del herbáceo. El piso forestal acumuló 14,9 Mg.ha⁻¹, 5,5 Mg.ha⁻¹ en la capa L y 9,4 Mg.ha⁻¹ en las capas F+H. El Cuadro 8 presenta los contenidos medios de N y P a nivel del sistema forestal. De su análisis se desprende que la mayor reserva de N se encuentra en el suelo asociado a la materia orgánica. Por el contrario, en el caso del P sería similar el contenido en el suelo respecto del piso forestal + sotobosque. La cosecha "árbol entero" implica la salida de igual contenido de mineralomasa de P (44,2 Kg ha⁻¹) que la remanente en el sitio, o sea en los estratos sotobosque, piso forestal y suelo mineral.

Cuadro 8. Contenido de nitrógeno y fósforo según estratos, en plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 27 años.

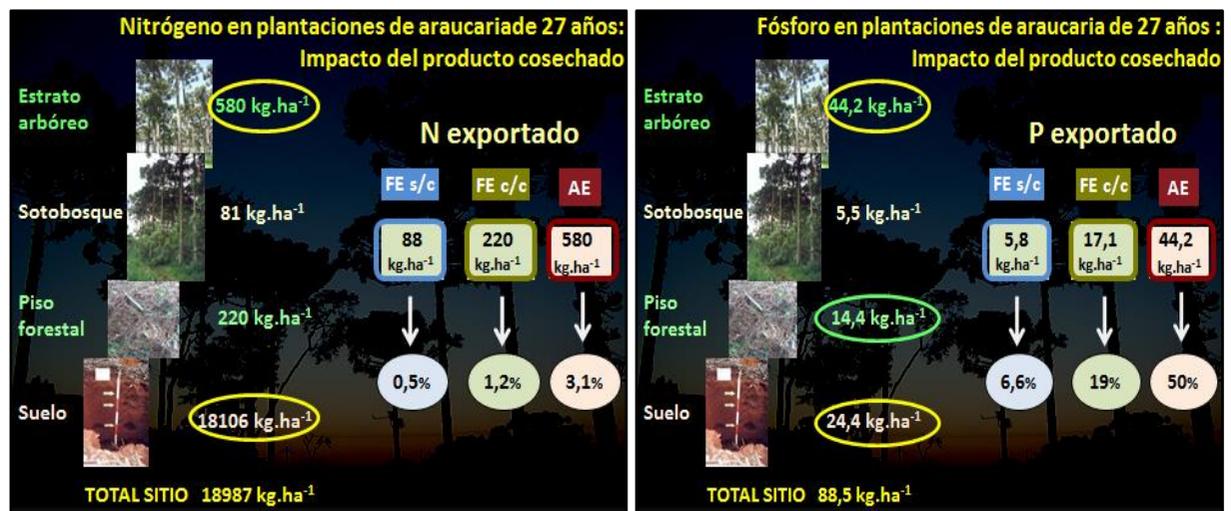
Estrato	N P	
	(Kg ha ⁻¹)	
Biomasa arbórea	579,5 (89)	44,2 (5,7)
Sotobosque	81 (10,2)	5,5 (1,1)
Piso forestal	220 (20)	14,4 (1,3)
Suelo (1 metro)	18106 (417)	24,4 (1,6)

Los desvíos estándar se encuentran entre paréntesis

La Figura 40 muestra, en valores absolutos y porcentuales, la exportación de N y P según los escenarios de cosecha simulados. La cosecha

"árbol entero", de mayor exportación, implica la salida de 580 Kg ha⁻¹ de N. El impacto relativo de los sistemas de cosecha sobre el nitrógeno varió entre 0,5 y 3,1% del stock de N en el ecosistema. Este número es a primera vista pequeño debido a que el almacenaje de N total en el suelo es elevado. Las condiciones climáticas cálidas y húmedas del NE de Argentina favorecen tanto la productividad primaria neta como las tasas de descomposición de la necromasa caída lo que implica una rápida circulación del nitrógeno en el ecosistema.

Por el contrario, el fósforo manifiesta un comportamiento absolutamente distinto. En función del tipo de cosecha, la exportación de P varió entre 6,6% y 50%. La cosecha "árbol entero" implica la salida de igual contenido de P (44,2 Kg ha⁻¹) que la remanente en el sitio, o sea la suma de los estratos sotobosque, piso forestal y suelo mineral. Como fue indicado, la estimación del contenido de P en suelo corresponde a la forma "disponible", la cual en los suelos rojos de Misiones representa alrededor del 1% del fósforo total. Si bien, no se dispone de información detallada sobre la dinámica del P en estos suelos, las elevadas tasas de crecimiento forestal observadas, aun en la tercera rotación, permiten suponer que algunas de las formas restantes, particularmente el P orgánico, compensen en parte la oferta de P disponible.



❖ **Figura 40. Mineralomasa de nitrógeno (izquierda) y del fósforo (derecha) por estrato y exportada según escenarios simulados de cosecha en una tala rasa de araucaria de 27 años de edad. FE s/c: extracción de fuste hasta 5 cm, sin corteza; FE c/c: extracción de fuste entero hasta 5 cm; AE: extracción de árbol entero.**

No obstante esta aclaración, sin duda alguna este nutriente merece especial atención en estos ambientes edáficos, dado que presentan alto contenido de arcilla y bajo pH. Según Frangi et al. (2015), los relativamente altos cocientes N:P en hojas indican que el P es el principal macronutriente limitante en esta zona del país.

El Cuadro 9 presenta los índices de estabilidad nutritiva, IEN e IEN_{s+p}. Estos índices informan sobre la estabilidad de la oferta nutritiva a largo plazo de un sitio; en la medida que ellos aumentan disminuye la estabilidad nutritiva del sistema. Las simulaciones realizadas permiten observar que el impacto sobre el contenido del N y P remanente en el sitio forestal varía de acuerdo a la intensidad de extracción de la biomasa. El IEN y el IEN_{s+p} del N y del P resultaron seis y siete veces mayores, respectivamente, en la simulación "AE" (Escenario 3), en relación a la extracción del "FE s/c" (Escenario 1). Los IE del N fueron bajos (entre 0,005 y 0,032) por lo cual su disponibilidad no presenta compromiso aparente en el mediano plazo, sobre todo si el manejo de residuos contempla su mantenimiento en el sitio. En cambio, los valores de los índices de estabilidad nutritiva correspondientes al P, entre 0,15 y 1,86, permiten caracterizarlo como un elemento potencialmente crítico (Cuadro 9). Si se considera como umbral de estabilidad un valor de 0,5 de IEN (Gerding y Schatter 1999), la cosecha de árbol entero representa un elevado nivel de inestabilidad para este nutriente, no obstante, es necesario tener en cuenta que para los cálculos se utilizó la forma disponible, sin considerar los mecanismos de reposición. En similares condiciones ambientales Goya et al. (2013), Martiarena et al. (2011) y Fernández et al. (2012), detectaron elevada inestabilidad para el fosforo. Al comparar el escenario 2 respecto del 1, se observó que ambos índices, resultaron 240% y 300% superiores, para el N y P, respectivamente; lo cual muestra la importancia que asume el mantenimiento de la corteza en la conservación del N y P en el sistema forestal. Al evaluar la sensibilidad de ambos índices (Cuadro 9), se observó que en el caso del N fue indiferente, mientras que el IEN_{s+p} del P resultó, en los tres escenarios, un poco menos de la mitad del IEN.

Este comportamiento refleja la importancia relativa del estrato suelo como reservorio de N, y del piso y del sotobosque como compartimientos de reserva de P (Cuadro 8). En caso de utilizar sistemas de preparación de terreno que mantengan los residuos de cosecha el IEN_{s+p} surge como el indicador más recomendable.

Cuadro 9. Índices de estabilidad nutritiva del nitrógeno y fósforo en diferentes escenarios de cosecha en plantaciones de araucaria de 27 años.

Nutriente	Escenario	IEN		IENs+p	
N	1	0,005 (0,001)	c	0,005 (0,001)	c
	2	0,012 (0,002)	b	0,012 (0,002)	b
	3	0,032 (0,006)	a	0,032 (0,005)	a
P	1	0,270 (0,06)	c	0,150 (0,03)	c
	2	0,740 (0,13)	b	0,400 (0,05)	b
	3	1,860 (0,31)	a	1,020 (0,13)	a

Escenario 1. Extracción de fuste hasta 5 cm sin corteza; 2. Extracción de fuste entero hasta 5 cm; 3. Extracción de árbol entero. *Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de una misma columna para cada nutriente (p < 0,05). Entre paréntesis: desvío estándar*

Consideraciones finales

En plantaciones de *Araucaria angustifolia*, el impacto de los sistemas de cosecha sobre el contenido del N y P remanente en el sitio varía de manera proporcional a la intensidad de extracción de biomasa. Los menores valores de pérdida y los mejores índices de estabilidad nutritiva se asociaron con la extracción de fustes sin corteza. Los índices de estabilidad nutritiva del sistema de cosecha árbol entero fue entre seis y siete veces mayores, para N y P respectivamente, respecto de la extracción de fuste sin corteza. Los índices de estabilidad nutritiva N fueron relativamente bajos, de manera que su oferta parecería no estar comprometida en el mediano plazo. En cambio, los índices correspondientes al P permiten caracterizarlo como un elemento potencialmente crítico para el mantenimiento de la capacidad productiva del sitio.



2.7. Ecuaciones de volumen y forma para *A. angustifolia* (Bertol.) Kuntze cultivada en la zona norte de la provincia de Misiones, Argentina

Aldo Keller y Ernesto Crechi

La *A. angustifolia* se viene plantando en la provincia de Misiones desde hace décadas con fines maderables dadas las buenas características de su madera para diferentes usos en la construcción, carpintería y ebanistería, entre otros, aunque en los últimos años la superficie plantada puede haber disminuido, principalmente al ser reemplazada por especies del género *Pinus*. Para la estimación de la producción de madera a

obtener en los distintos aprovechamientos resulta muy útil contar con ecuaciones específicamente desarrolladas en base a mediciones simples. Dado que es necesario poder estimar la volumetría total y parcial de las plantaciones existentes, surgió la necesidad de desarrollar nuevas ecuaciones para ello. En este contexto, se ajustaron ecuaciones para estimar el volumen y forma de árboles individuales de pino Paraná cultivado en la zona centro-norte de la provincia de Misiones, compatibles con el simulador de crecimiento PLAFORNEA (Keller et al. 2017). La base de datos comprendió 854 árboles, a partir de 5 años y 6 cm de diámetro hasta 42 años y 64 cm de diámetro. Las ecuaciones resultantes se detallan a continuación:

$$V_{tcc} = (\exp(-9,57727+1,40276*\ln(dap))+0,0890858*(\ln(dap))^2+1,45553*\ln(ht)-0,0973493*(\ln(ht)^2))*1,003$$

$$V_{tsc} = 0,80946*v_{tcc}^{1,02369}$$

$$d_{ccs} = ((\ln(\text{seno}(\pi/2*(hpcs/ht)))/\ln(\text{seno}(\pi/2*(1,3/ht))))^{(0,406819+(0,0181625*\text{seno}(\pi/2*(hpcs/ht)))+(0,00885884*\cos(3*\pi/2*(hpcs/ht)))+(-0,164003*\text{seno}(\pi/2*(hpcs/(hpcs/ht))))+(0,000417765*dap)+(-0,0342305*(hpcs/ht)*(dap^0,5))+(0,0317164*(hpcs/ht)*(ht^0,5)))*dap$$

$$v_{acc} = ((\text{seno}(\pi/2*(hpcs/ht)))^{3,3394*(\text{seno}(\pi/2*((hpcs/ht)^0,5)))^{-25,4503*(\text{seno}(\pi/2*((hpcs/ht)^{1/3})))^{58,1455*(\text{seno}(\pi/2*((hpcs/ht)^0,25)))^{-35,9725}})*v_{tcc}$$

Referencias: v_{tcc} : volumen total del fuste con corteza (m³); v_{tsc} : volumen total del fuste sin corteza (m³); dap : diámetro a la altura del pecho (cm); ht : altura total (m); d_{ccs} : diámetro en punta fina (cm); v_{acc} : volumen acumulado hasta una altura parcial de corte ($hpcs$) (m³).

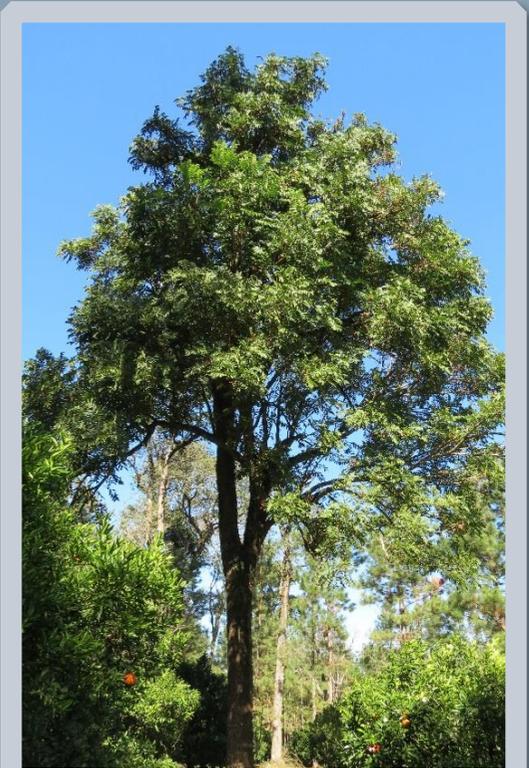
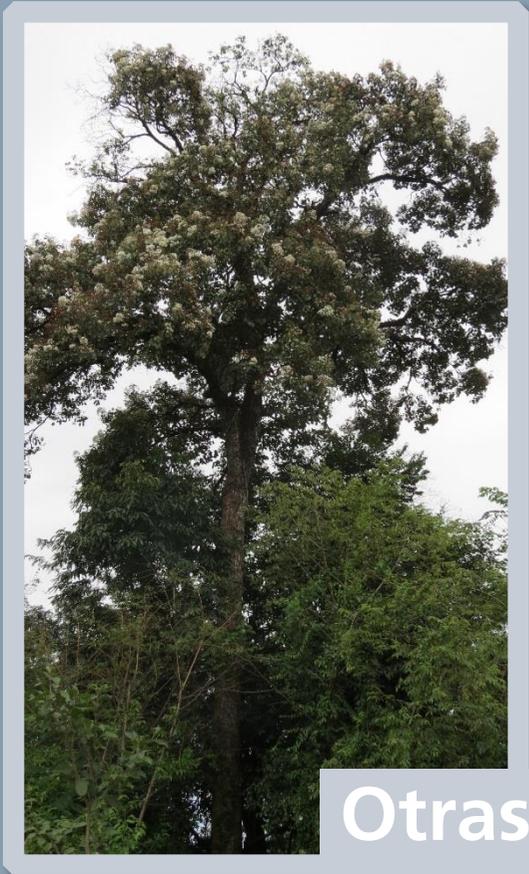
Consideraciones finales

La utilización de los modelos seleccionados es recomendable para la estimación de volumen total con y sin corteza de árboles individuales de pino Paraná en inventarios forestales en la zona centro-norte de la provincia de Misiones, como así

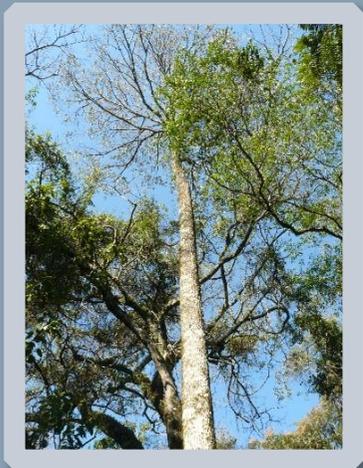
también los seleccionados para la estimación de diámetros y volúmenes parciales.

La aplicación de todos estos modelos fuera de la zona y rangos de diámetro y altura, para los cuales fueron construidos, no es recomendada sin ser evaluada previamente.





Otras Especies de la Selva Paranaense



3.1. Introducción

La Selva Paranaense es uno de los bosques más amenazados del cual subsiste solamente el 7% de su cobertura original. A pesar de su estado altamente fragmentado, la selva paranaense es uno de los ecosistemas biológicos más diversos. Sin embargo, esta biodiversidad no se encuentra distribuida en forma uniforme, ya que diferentes combinaciones de temperatura, altitud, suelos, precipitaciones y distancia al océano a lo largo de su extensión han creado condiciones para que evolucionen grupos únicos de especies en áreas localizadas (Placi y Di Bitetti 2006).

La provincia de Misiones representa menos del 1% de la superficie de Argentina, pero alberga casi el 40% de la biodiversidad y produce más del 70% de la madera. Misiones ha sufrido cambios de uso de la tierra sustanciales debido al corte de sus bosques y tornándose necesarios usos alternativos debido a la degradación de suelos y al abandono de tierras (Montagnini et al. 2006). Entre las alternativas para la recuperación de estas áreas de bosque degradado se plantea la recomposición de la masa forestal mediante técnicas de enriquecimiento con especies arbóreas en conjunto con la conducción de la regeneración natural del sitio (Eibl et al. 1998)

La recomposición vegetal de áreas degradadas a través de la implantación de especies nativas se fundamenta en el empleo de métodos que apuntan a asegurar la armonía entre la conservación del ecosistema, (vegetación, fauna, suelo, agua, entre otros) y la actividad productiva, en búsqueda de la perpetuidad del sistema. El conocimiento de especies nativas que sean valiosas en cuanto a recuperar fertilidad de suelo y que a su vez sean de interés económico para los propietarios de tierras agrícola-forestales, trae aparejada la necesidad de encarar estudios sobre su adaptabilidad a plantaciones bajo distintos sistemas forestales y agrosilvoforestales (Barth et al. 2008).

Las plantaciones forestales mixtas son aquellos cultivos simultáneos de dos o más especies en la misma superficie (Muñoz et al. 2006), que generan productos de alto valor al final del ciclo de corta (Ávila Ayala et al. 2012). En las plantaciones mixtas es importante la selección de especies basados en su dinámica de crecimiento en altura y relativa tolerancia a la sombra para asegurar que ninguna especie sea suprimida (Muñoz et al. 2006), y con ello mejor calidad de los productos. Al ser un sistema forestal consistente en establecer de forma combinada especies maderables de lento crecimiento con especies de rápido crecimiento, se maximiza el uso y aprovechamiento del suelo por superficie obteniendo productos forestales a corto, mediano y largo plazo (Ávila Ayala et al. 2012).

La fenología estudia los fenómenos periódicos de los seres vivos y sus relaciones con las condiciones ambientales (temperatura, luz, precipitaciones), siendo, el registro de la actividad biológica visible de los organismos, una herramienta para interpretar la reacción de los mismos al complejo climático del lugar (Prause y Angeloni 2000). El conocimiento y la comprensión de los patrones fenológicos de especies arbóreas en ecosistemas naturales es de interés básico no solo en estudios de biodiversidad, productividad y organización de las comunidades y de las interacciones de las plantas con la fauna, sino también en programas de conservación de los recursos genéticos, manejo forestal y viveros forestales (Vilchez et al. 2004). Además, contribuyen a la búsqueda de la optimización del rendimiento de las especies de mayor importancia para el hombre en el aprovechamiento forestal, la fenología contribuye para la toma de decisiones de cuanto y como realizar los planes de corta, pues tiene efecto directo sobre la regeneración de especies vegetales.

3.2. Fenología de *Cordia trichotoma* y *Cabralea canjerana* en un remanente arbóreo de San Antonio, Misiones, Argentina

Sara R. Barth, Paola A. González, Cristian Rotundo

La información fenológica de las especies es de suma importancia para la planificación de tareas del silvicultor. Permite conocer épocas de polinización, floración, formación, maduración y dispersión o colecta de frutos y material de propagación agámica, así como también programar épocas propicias de poda, entre otros.

La fenología es el estudio de las fases o actividades del ciclo de las plantas o animales vivos y su ocurrencia temporal a lo largo del año, lo que contribuye a la comprensión de los patrones vegetativos y reproductivos de plantas y animales que dependen de ellos (Morellato 1995). Estos conocimientos son de suma importancia para la comprensión de la compleja dinámica de los ecosistemas forestales, siendo los conocimientos fenológicos, en vastas regiones, escasos y fragmentados (Fournier y Charpantier 1975). Según Newstrom et al. (1994), las fenofases: brotación, floración y fructificación en plantas tropicales y subtropicales son complejas dado que presentan patrones irregulares difíciles de reconocer.

El conocimiento de la fenología permite evaluar la disponibilidad de recursos a lo largo del año (Morellato 1995). El conocimiento de la floración y fructificación permite predecir los períodos reproductivos de las plantas, sus ciclos de crecimiento y otras características de gran valor en la gestión forestal (Fournier 1974, 1976). Esta información sobre fases reproductivas de las especies arbóreas es de suma importancia para proporcionar parámetros con vistas a la conservación y explotación racional de nuestros bosques nativos, conciliando sostenibilidad con viabilidad económica (Fantini et al. 1992, Reis 1996, Reis et al. 2000).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el ciclo vegetativo y reproductivo de las especies *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (Loro negro) y *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Cancharana) en relación a variables meteorológicas de temperatura

y humedad a fin de brindar una herramienta de ayuda a la planificación de actividades de diversificación productiva con las mismas.

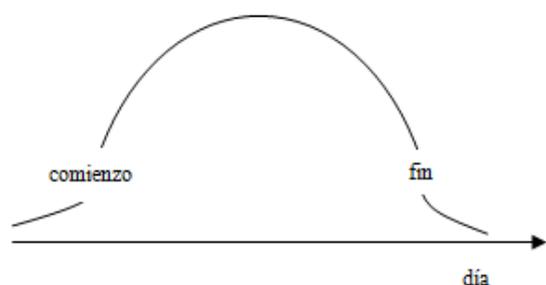
Loro negro una especie arbórea que pertenece a la familia Boraginaceae, mide entre 25 a 35 metros de alto y hasta 100 cm de diámetro (Reitz et al. 1988), su tronco es recto y cilíndrico con 10-15 m (Reitz 1988, Carvalho 2003). Es un árbol de hojas caducas, simples, alternas, espiraladas, oblongo-agudas, sub-coriáceas. Sus flores son pequeñas, blancas, perfumadas, con floración vistosa observable de enero a julio, siendo de uso melífero y ornamental (Carvalho 2006). La densidad de la madera entre 0,60 a 0,80 g.cm⁻³, apreciada por industria del mueble de lujo, aserradas, en general, laminados y revestimientos (Carvalho 2006). En la Argentina, el loro negro fue encontrado de forma natural en el NE y NO del país (Martinez-Crovetto 1963, Legname 1982).

Cancharana es una especie perteneciente a la familia Meliaceae. Se distribuye naturalmente desde los 10° N en Costa Rica hasta los 31° 30' en Brasil, nordeste de Argentina, este de Paraguay, Bolivia y en Perú. En condiciones con precipitaciones medias anuales de 850 a 2.500 mm y temperaturas de 14 a 27 °C. Presenta una alta longevidad, pudiendo alcanzar los 300 años. Se encuentra en suelos desde fértiles y profundos hasta suelos de baja fertilidad natural, prefiere suelos húmedos, profundos y de textura arcillosa (López et al. 1987). Es un árbol perennifolio a semi caducifolio, con alturas de 10 a 30 m y diámetros de 40 a 150 cm, fuste recto a torcido de 4 a 12 m de altura. La corteza externa es de color gris, semi-áspera. Hojas compuestas, inflorescencias en panícula, los frutos son cápsulas globosas. La madera es semi dura y semi pesada (peso específico de 0,45 a 0,65 g.cm⁻³). Albur color rosado amarillento y duramen castaño rojizo. Es fácil de trabajar, moderadamente difícil de preservar y de una durabilidad natural media a alta. Es utilizada en la fabricación de muebles finos, carpintería, tornería, decoración de interiores, construcción civil, cajas y embalajes. De la corteza se extrae un colorante rojizo y el extracto de las flores es usado en perfumería. Es una planta melífera y se ha plantado como ornamental, y en programas de recuperación

ambiental (Ramos et al. 1991, Durigan y Nogueira 1990).

Para el cumplimiento del objetivo planteado, se realizaron observaciones y registro de fases fenológicas y datos meteorológicos en el Campo Anexo Manuel Belgrano, perteneciente a INTA, en San Antonio, Misiones, Argentina. En esta primera etapa se consideró 3 individuos por especie. El trabajo está basado en la observación y registro de los cambios que se fueron produciendo en los ejemplares arbóreos. Estos cambios determinaron periodos denominados "fases" y estas a su vez se dividieron en "momentos". Se consideró fase a "toda aparición o desaparición de órganos en forma continuada".

La aparición de los órganos de una fase puede asimilarse a lo representado en una curva normal de frecuencias, donde la ordenada indica el número diario de órganos aparecido (en este caso expresado a través de la frecuencia relativa porcentual) y la abscisa, las fechas (Figura 41).



❖ **Figura 41. Curva normal de frecuencias relativas (%).**

Se trabajó con una adaptación del Registro Fitofenológico Integral de Ledesma (1953), reemplazando el empleo de símbolos gráficos para

el registro de aparición o desaparición de órganos (con una escala de 1 a 5 símbolos para indicar avance, es decir, inicio o plenitud de fase) se empleó una planilla con valores expresados en % (modelo en Cuadro 10).

Se consideró como ciclo reproductivo, al que abarca desde el comienzo de la fase de floración, pasando por crecimiento, maduración (cambio de color) y caída del fruto (dispersión) hasta la próxima floración.

En cuanto al análisis de los datos y la interpretación de resultados, cabe acotar que para que los registros fenológicos pudieran ser utilizados en cálculos matemáticos, se transformaron las fechas en número de días del año, el Calendario Juliano. Con estos valores obtenidos se determinaron promedios, variabilidades y valores extremos.

Los datos meteorológicos empleados fueron obtenidos mediante registro continuo a través de data loggers de temperatura y humedad, los que fueron además comparados con los tomados en casilla meteorológica automática. Para el análisis de correlación de los factores climáticos del período de estudio aquí presentado con las fenofases, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman recomendado para datos que no presentan una distribución normal. El ciclo reproductivo de cada una de las especies puede ser observado en fotocomposición 1.

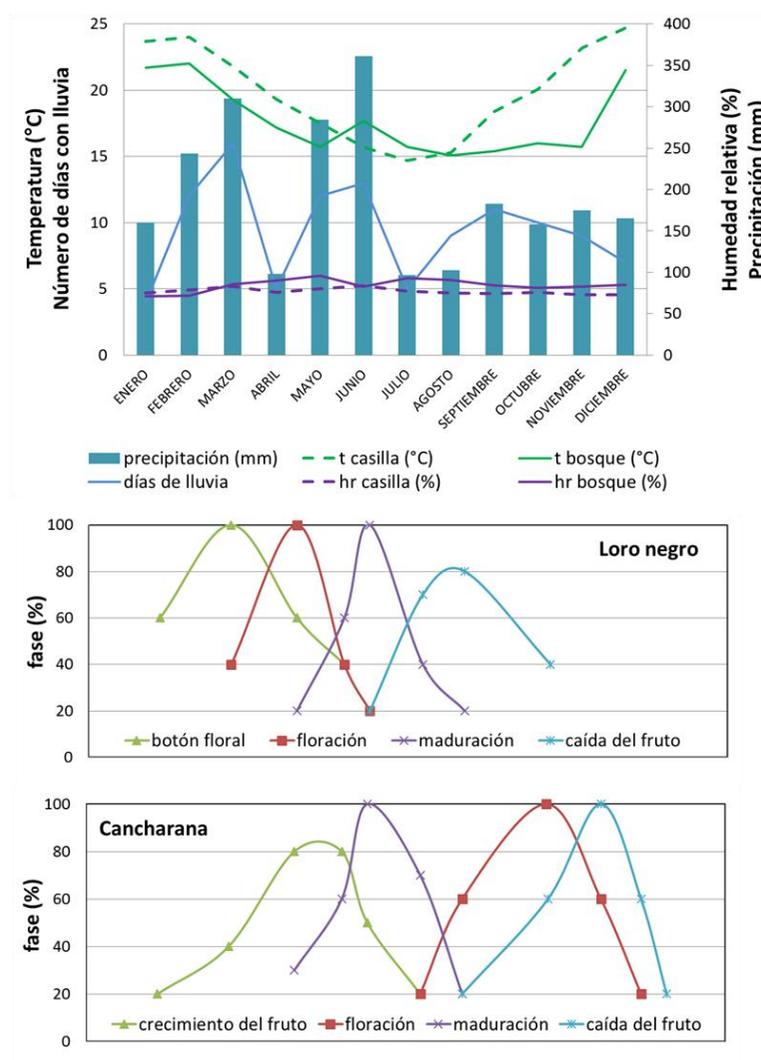
En la Figura 42 se presenta el dendrofenograma relacionando fases reproductivas (%) con variables meteorológicas como: temperatura, humedad relativa, precipitación y número de días con lluvia por mes.

Cuadro 10. Modelo de planilla de campo.

Especie:		Ubicación:		Observaciones:	
N° árbol:					
	FASE				
fecha	floración	crecimiento del fruto	maduración del fruto	caída del fruto	



❖ Fotocomposición 1. Fenología de ciclo reproductivo de a) *Cordia trichotoma*, b) *Cabralea canjerana*.
Fotos: Sara Barth



❖ Figura 42. Dendrofenograma año 2013. *C. trichotoma* (Loro negro), *C. canjerana* (Cancharana).
Campo anexo Manuel Belgrano. San Antonio. Misiones.

A diferencia de lo referenciado para clima de la región, régimen isohigro (precipitaciones distribuidas uniformemente a lo largo del año), se presentaron picos de precipitación en los meses de febrero-marzo y mayo-junio (Silva et al. 2008).

En Loro negro se presentó una correlación positiva entre formación de botón floral y floración con respecto a temperatura, y negativa entre floración y humedad relativa. La maduración del fruto fue favorecida por la humedad relativa y precipitación, no así la caída del mismo. El período de plenitud de fase de maduración de fruto se dio en época de menor temperatura. La plenitud de la fase de formación del botón floral se dio en el mes de marzo, floración entre abril y mayo, maduración del fruto en el mes de junio y la caída del fruto en el mes de julio, ambas fases en coincidencia con las temperaturas bajas del invierno.

En Cancharana, se dio una correlación positiva entre floración y lluvia y en menor grado en caída del fruto con respecto a precipitación y humedad relativa. El período de plenitud de fase de crecimiento de fruto se presentó en mayo, con bajas temperaturas y elevada precipitación y humedad relativa, la maduración óptima del fruto en esa localidad se dio entre la segunda quincena de junio y la primera de julio. En septiembre se da la floración que dará lugar a los frutos del año próximo. La caída de fruto máxima se produce en el mes de octubre. Cabe acotar que dicho fruto presenta dispersión zoocórica por aves y mamíferos. A fin de aprovechar las semillas para viverización es conveniente la cosecha de frutos en el individuo a través de pértigas y escalera. Los frutos de Cancharana para viverización de semillas son recolectados en el árbol mediante pértigas y escalera al inicio del período de caída de los mismos ya que su dispersión es zoocórica por aves y mamíferos.

En las distintas especies estudiadas los estadios del ciclo reproductivo se mostraron relacionados en forma positiva o negativa a variables meteorológicas. Este hecho fue comprobado por diversos investigadores en diferentes especies y zonas. Entre ellos, Morelato (1992) comentó que un aumento de la temperatura y de la precipitación y una variación del fotoperíodo pueden influenciar en la floración. Medeiros et al. (2007) propuso que en ciertas especies los picos de fructificación pueden estar relacionados, además de con factores climáticos, con las características de fruto y forma de dispersión de las mismas.

Para construir un patrón fenológico a lo largo del tiempo es necesario estudios de largo plazo, contemplando varios años de observación. Las fechas de inicio, plenitud y fin de fase presentaron valores semejantes a los hallados para las especies consideradas en estudios realizados por Eibl et al. (1997) para especies de la selva Misionera.

Consideraciones Finales

La floración y formación de frutos en las distintas especies estudiadas se mostró relacionada a cambios en las variables meteorológicas analizadas (temperatura y humedad relativa). El período de plenitud de la fase de maduración de frutos *Cordia trichotoma* y *Cabralea canjerana* en San Antonio coincidió entre la tercera semana de mayo y la primera semana de julio, siendo julio el momento de la cosecha de frutos con destino a viverización (según ensayo paralelo realizado, con un 75 a 90% de poder germinativo). Es necesario a futuro estudiar, además de relaciones entre factores climáticos y fases reproductivas, la ecología de las especies para detectar otros factores influyentes en el desarrollo de las mismas.



3.3. 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*, *Balfourodendron riedelianum*, *Enterolobium contortisiliquum*)

Ernesto H. Crechi, Aldo E. Keller

El cultivo con especies forestales nativas en la provincia de Misiones, tiene escasos antecedentes, mayormente en enriquecimiento de montes, algunos carentes de continuidad, y otros a nivel de ensayo. En experiencias anteriores, estas especies, han manifestado características biológicas y silvícolas que permiten suponer la factibilidad de su establecimiento en masas mixtas y/o puras en condiciones de cielo abierto y/o bajo cubierta (Gurgel Filho et al. 1982, Kageyama et al. 1989, Sánchez et al. 1988, 1993, Fernández et al. 1994, Eibl et al. 2000, Crechi et al. 2005, Montagnini et al. 2005, Barth et al. 2006).

En función de ello el objetivo del trabajo fue determinar la factibilidad del cultivo de especies forestales nativas con madera de reconocida calidad en sistemas de plantación a cielo abierto y/o bajo sombreado parcial de plantaciones adultas de *Pinus elliotii*, a efectos de contribuir a la diversificación silvícola del sector forestal de Misiones.

El ensayo se implantó en el Establecimiento San Ignacio, propiedad de la empresa Danzer Forestación S.A., ubicado en el Departamento San Ignacio, Misiones, entre los 55° 35' de longitud Oeste y 27° 11' de latitud Sur, a una altitud de 120 m.s.n.m. Los tratamientos evaluados fueron combinaciones de a) bajo cubierta de *Pinus elliotii* Engelm. (BP) 17 años, 300 pl.ha⁻¹ y b) a cielo abierto (CA). Las especies evaluadas fueron timbó (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) (Tb), peteribí (*Cordia trichotoma*) (Pb), guatambú blanco (*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.) (Gu) y mixto (Mx) (mezcla de las 3 especies), empleándose el diseño indicado en el Cuadro 11.

Para el manejo del dosel de pino, se realizaron dos raleos con apeos dirigidos, uno de aproximadamente el 50% de los individuos (unas 150 pl.ha⁻¹) al 6° año, contado desde la implantación de las especies

nativas; y otro apeando casi todos los pinos remanentes al 10° año.

Cuadro 11. Diseño en parcelas subdivididas.

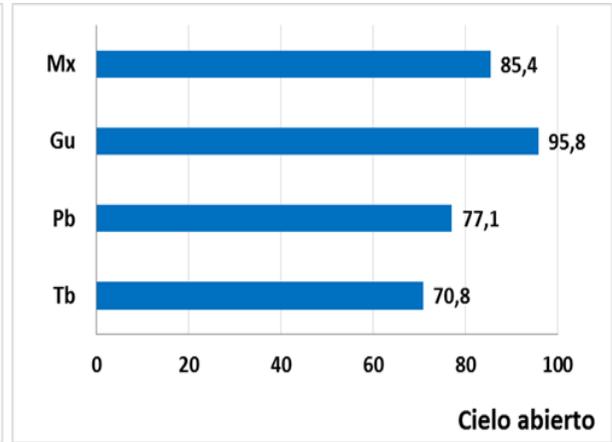
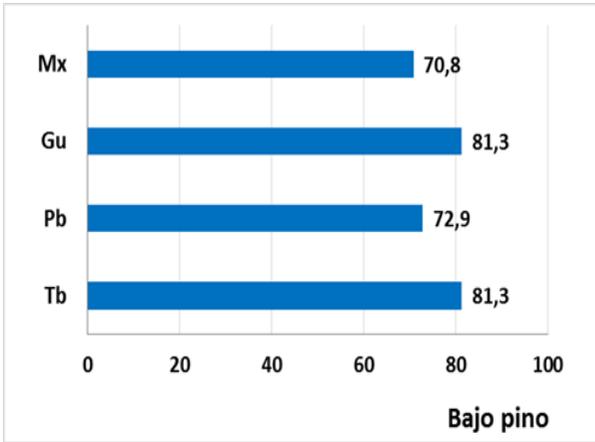
	BAJO PINO				CIELO ABIERTO			
I	Tb	Pb	Gu	Mx	Pb	Mx	Gu	Tb
II	Gu	Mx	Pb	Tb	Tb	Mx	Pb	Gu
III	Mx	Pb	Tb	Gu	Pb	Gu	Mx	Tb

Parcelas corresponde a cobertura y las subparcelas a especie.

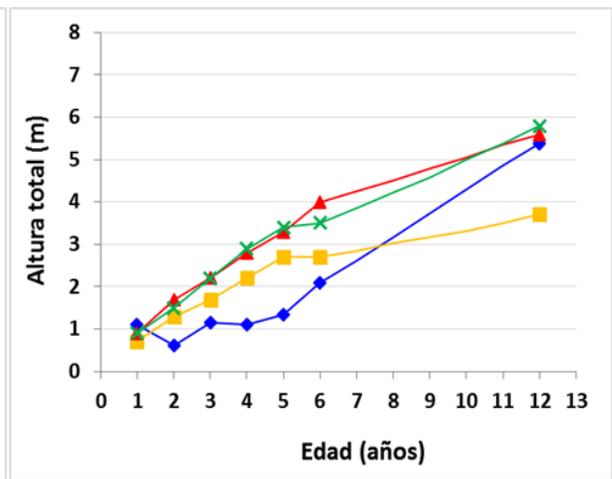
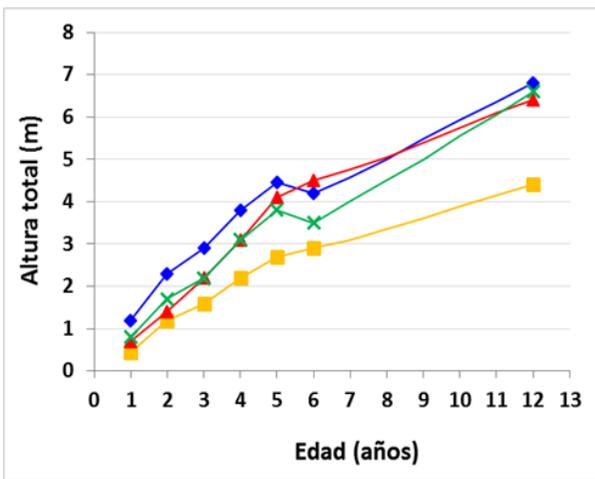
A continuación se muestran los gráficos de sobrevivencia de las especies estudiadas solo a la edad de 12 años, mientras que para la altura total y diámetro a la altura del pecho se muestran los resultados hasta los 12 años. En la Figura 43 se reportan los resultados de sobrevivencia tanto bajo cubierta de pino como a cielo abierto, donde puede observarse que fueron superiores al 70% a la edad de 12 años en todos los casos, destacándose el guatambú a cielo abierto con el 95,8% y bajo cobertura de pinos con el 81,3%.

En la Figura 44 se muestra la evolución de las alturas totales de las especies estudiadas bajo cobertura de pino (izquierda) y a cielo abierto (derecha). Puede observarse que el peteribí bajo cubierta de pino y a cielo abierto presentó las menores alturas cuando fueron comparadas con el timbó, el guatambú y el mixto a lo largo de casi todo el periodo analizado, en tanto que estos últimos muestran valores similares entre sí a los 12 años. En todas las especies estudiadas las alturas alcanzadas bajo cobertura de pino fueron levemente superiores a las de cielo abierto.

En la Figura 45 se presenta la evolución de los diámetros a la altura del pecho de las especies estudiadas bajo cobertura de pino (izquierda) y a cielo abierto (derecha). Puede verse que el guatambú y el peteribí bajo cubierta de pino y a cielo abierto presentaron los menores diámetros cuando fueron comparados con el timbó y el mixto. En general los diámetros alcanzados a los 12 años fueron mayores a cielo abierto que bajo cubierta de pino.

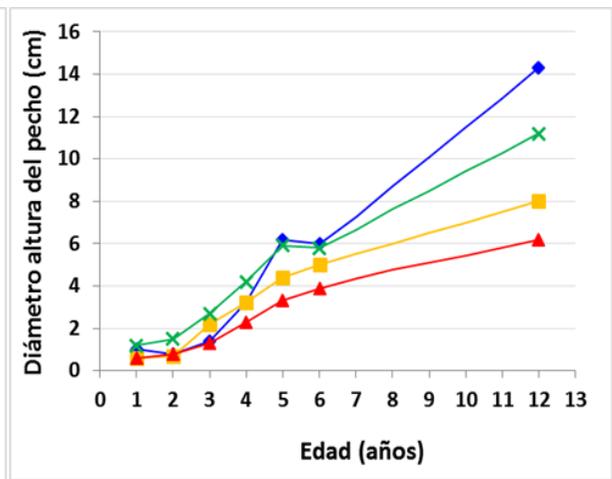
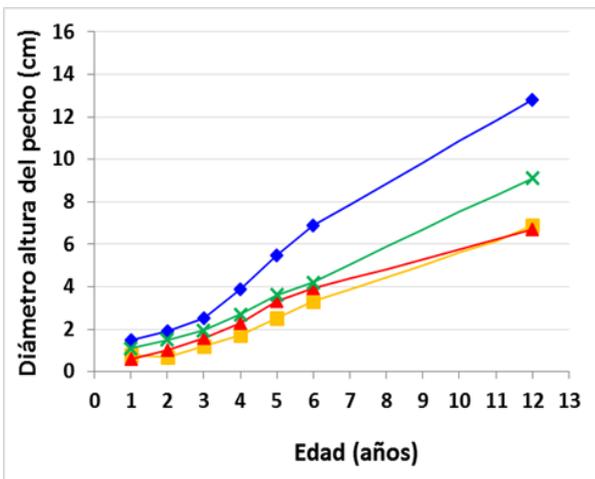


❖ Figura 43. Supervivencia bajo cobertura de pino y a cielo abierto.



◆ Tb ■ Pb ▲ Gu × Mx

❖ Figura 44. Evolución de la altura total bajo cobertura de pino (izquierda) y a cielo abierto (derecha).



◆ Tb ■ Pb ▲ Gu × Mx

❖ Figura 45. Evolución del diámetro a la altura del pecho bajo cobertura de pino (izquierda) y a cielo abierto (derecha).

BAJO PINO



Guatambú

Timbó

Peteribí

CIELO ABIERTO



Guatambú

Timbó

Peteribí

BAJO PINO

CIELO ABIERTO



Mixto

Mixto

Consideraciones finales

El timbó bajo cubierta de pino mostró árboles con buen crecimiento en diámetro, altura y aceptable porte forestal pero sin presentar fuste recto, mientras que a cielo abierto no presentó porte forestal.

El peteribí presentó mayor diámetro y menor altura a cielo abierto que bajo cubierta.

El guatambú presentó mayor altura bajo cubierta de pino, mientras que los diámetros fueron similares en ambas situaciones de cobertura.

El guatambú y el peteribí presentaron fustes rectos, resultando más promisorias para uso industrial que el Timbó.



4. Publicaciones derivadas de las investigaciones

- BARTH, S. R.; GONZÁLEZ, P.; AGOSTINI, J. P.; ROTUNDO, C. 2014. Fenología de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud, *Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius y *Schefflera morototoni* (AUBL.) Maguire Steyer. & Frodin, un remanente arbóreo de San Antonio, Misiones, Argentina. 2014. XVI Jornadas técnicas forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones. 15-17 de mayo de 2014.
- FERNÁNDEZ, R. A.; TATO VÁSQUEZ, C.; ACOSTA, N.; PÉREZ, V.; KEES, S.; ZÁRATE, M.; ARCE, L. 2015. Avances en la Silvicultura del Algarrobo blanco. DOI: 10.13140/RG.2.1.4365.5761.
- FERNÁNDEZ, R.; MARTIARENA, R.; GOYA, J.; FRANGI, J.; VON WALLIS, A.; LUPI, A.; PAHR, N. 2012. Simulación del contenido de nitrógeno y fósforo remanentes según escenarios de cosecha de rodales de *Araucaria angustifolia* de 40 años. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina. 16 al 20 de abril.
- FERNÁNDEZ, R.; MARTIARENA, R.; GOYA, J.; FRANGI, J.; VON WALLIS, A.; LUPI, A.; PAHR, N. 2013. Estabilidad nutritiva del potasio, calcio y magnesio en sitios forestados con *Araucaria angustifolia* en función de los productos cosechados. IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Iguazú. Setiembre.
- KEES, S. M.; LÓPEZ, A. E.; ROJAS, J. M.; ROLDAN, M. F.; ZURITA, J. J.; BREST, E. 2016. Características edáficas y su relación con la altura dominante en plantaciones de *Prosopis alba* en la provincia del Chaco. XVII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Posadas, Misiones. 17-19 de agosto de 2016.
- LÓPEZ, A. E.; KEES, S. M.; ZURITA, J. J.; BREST, E.; ROLDAN, M.F. 2016. Evaluación de forestaciones con algarrobo blanco frente a diferentes condiciones edáficas en la provincia del Chaco. XVII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Posadas, Misiones. 17-19 de agosto de 2016.
- MARTIARENA, R.; VON WALLIS, A.; PAHR, N.; FERNÁNDEZ, R.; KNEBEL, O. 2016. Efecto de la fertilización en medio término en plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. XVII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Posadas, Misiones. 17-19 de agosto de 2016.
- OBERSCHELP, J.; SALTO, C.; HARRAND, L. 2016. Desarrollo y evaluación de una solución nutritiva para la fertilización de plantines de *Prosopis alba*. XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. 29 y 30 de septiembre de 2016.
- OBERSCHELP, J.; SALTO, C.; HARRAND, L. 2018. Efecto de distintas estrategias de fertilización en vivero sobre el contenido de macro y micronutrientes minerales en plantines de *Prosopis alba*. XXXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. 4 y 5 de octubre de 2018.
- PAHR, N.; FERNÁNDEZ, R.; MARTIARENA, R.; VON WALLIS, A.; LUPI, A. 2013. Efecto de técnicas de establecimiento sobre la calidad del suelo y la productividad de *Araucaria angustifolia* a los once años de aplicadas. 4^{to} Congreso Forestal Argentino y latinoamericano. Iguazú, Misiones. 23-28 septiembre de 2013.
- PAHR, N.; FERNÁNDEZ, R.; VON WALLIS, A.; MARTIARENA, R.; LUPI, A. 2014. Prácticas de establecimiento, condición edáfica y productividad de *Araucaria angustifolia*. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. Bahía Blanca, Buenos Aires. 5 al 9 de mayo de 2014.
- SAGADIN, M.; SALTO, C.; CABELLO, M.; LUNA, C. 2015. La utilización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como estrategia promisorio para la mitigación del estrés por sequía en plantines de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.). II Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos. La Pampa. 9 y 10 Septiembre de 2015.

- SALTO, C. S.; HARRAND, L.; OBERSCHELP, G. P. J.; EWENS, M. 2015. Efecto del contenedor y del sustrato en el crecimiento de plantines de *Prosopis alba*. Congreso Nacional de Viveros Cítricos, Forestales y Ornamentales. Posadas, Misiones. 02-06 de Agosto de 2015.
- SALTO, C. S.; SAGADIN, M.; LUNA, C. M.; OBERSCHELP, J.; HARRAND, L. 2015. Efecto de la fertilización y de hongos micorrícicos arbusculares nativos en el crecimiento de plantines de algarrobo blanco. XXIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. 24 y 25 de Septiembre de 2015.
- SALTO, C.; OBERSCHELP, J.; MELCHIORRE, M.; POZZI, E.; HARRAND, L. 2015. Efecto de la fertilización e inoculación con rizobios sobre el crecimiento de plantines de algarrobo blanco en condiciones de vivero. XXIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. 24 y 25 de septiembre de 2015.
- 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.
- SALTO, C. S.; MELCHIORRE, M.; OBERSCHELP, G. P. J.; POZZI, E.; HARRAND, L. 2017. Effect of fertilization and inoculation with native rhizobial strains on growth of *Prosopis alba* seedlings under nursery conditions. *Agroforestry Systems On Line First* doi.org/10.1007/s10457-017-0156-8
- SALTO, C. S.; SAGADIN, M.; LUNA, C. M.; OBERSCHELP, G. P. J.; HARRAND, L.; CABELLO, M. 2017. La aplicación conjunta de fertilizantes minerales y hongos micorrícicos arbusculares estimula el crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en vivero y su supervivencia a campo. II Congreso Internacional del Gran Chaco Americano Territorio e Innovación del Trabajo. Santiago del Estero. 5 y 6 de octubre de 2017.
- SALTO, C. S.; SAGADIN, M.; LUNA, C.; LUPI, A. M.; KEES, S.; ZARATE, M. 2018. Empleo de hongos micorrícicos arbusculares nativos como estrategia para la mitigación del estrés salino en *Prosopis alba*. XXXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. 4 y 5 de octubre de 2018.
- SALTO, C. S.; SAGADIN, M.; LUNA, C. M.; OBERSCHELP, G. P. J.; HARRAND, L.; CABELLO, M. 2019. Interaction between mineral fertilization and arbuscular mycorrhizal fungi improve nursery growth and drought tolerance of *Prosopis alba* seedlings. *Agroforestry Systems* doi: 10.1007/s10457-019-00371-x

5. Fuente de financiamiento de las investigaciones

- PNFOR 1104063 “Mejoramiento genético de especies forestales nativas de alto valor”.
- PNFOR 1104073 “Bases silvícolas para sustentar la productividad de las plantaciones y los recursos del ambiente”.
- PNFOR 1104075 “Tecnologías y capacidades para el manejo de sistemas silvopastoriles y agroforestales en bosques implantados”
- PRET CHAFOR 1241101 “Contribución al desarrollo del territorio del centro-norte del Chaco en un marco de equidad social, sustentabilidad y competitividad”.
- PRET CHAFOR 1241103 “Apoyo al desarrollo socio-productivo y ambiental del impenetrable chaqueño”.
- PRET ERIOS 1263305 “Contribuir al desarrollo socio-económico del noreste de Entre Ríos, en un marco de competitividad, salud ambiental y equidad social”.
- PRET MSNES 1242204 “Desarrollo de los sistemas productivos del territorio denominado Paraná medio”.
- PRET MSNES 1242205 “Apoyo al Desarrollo Territorial del Noreste y del Alto Paraná Misionero”.
- PICT-2012-0339 “Potencial biotecnológico de hongos micorrícicos arbusculares nativos para la mitigación del estrés por sequía en plantas de interés agrícola y forestal” (FONCyT).
- Proyecto SeCyT – UNC 203-2014 “Simbiosis en *Prosopis alba* como estrategia para la mejora de su tolerancia a estrés hídrico”.
- Proyectos Especiales de la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Misiones.
- Proyecto de Investigación Aplicada PIA 10047 Unidad para el Cambio Rural dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.
- Proyecto de Investigación Aplicada. PIA 98028. Proyecto Forestal de Desarrollo. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. (Préstamo 3948-AR del BIRF)
- Convenio INTA-UCAR 2206 “Sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco para la región chaqueña”

6. Bibliografía

- ALLEN, O. N.; ALLEN, E. K. 1981. The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. 1.º ed. University of Wisconsin Press, Wisconsin, USA. 812 p.
- ATANASIO, M. A. 2012. Crecimiento de *Prosopis alba* sometido a diferentes intensidades de poda. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Misiones, Argentina. 68p.
- ÁVILA AYALA, R.; MUÑOZ GUTIÉRREZ, L.; MIRELES RODRÍGUEZ, E. 2012. Manejo de una plantación forestal mixta en la planicie Huasteca. 1.º ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 32 p.
- BARRERA, S. E. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como alternativa para la agricultura. Rev. Bio. Agro. 7(1):123-132.
- BARTH, S. R.; EIBL, B. I.; MONTAGNINI, F. 2006. Adaptabilidad y crecimiento de especies nativas en áreas en recuperación del noroeste de la provincia de Misiones. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones, Argentina. 16 p.
- BENDER, A.; ARAUJO, J.; PERRETA, M.; MOGLIA, J. 2015. Magnitudes dendrométricas de cuatro poblaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) de diferentes edades. Revista FAVE 14(1):17-32.
- BIRCHLER, T.; ROSE, R. W.; ROYO, O.; PARDOS, M. 1999. La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 7(1-2):109-121.
- BLUM, W. 1980. Site-Nutrition-Growth interrelationship of Araucarias. Forestry problems of the genus *Araucaria*. IUFRO Meeting held in Curitiba. Paraná. Brasil. Pp.119-130.
- BOGINO, S. M. 2005. Crecimiento radial, turno biológico de corta y potencial dendroclimático del Caldén (*Prosopis caldenia* Burkat), en la provincia de San Luis, Argentina. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 96 p.
- CABRERA, R. I. 1998. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo serie Horticultura 5(1):5-11.
- CARVALHO, P. E. R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. Vol.1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, Brasil. 1039 p.
- CARVALHO, P. E. R. 2006. Espécies arbóreas brasileiras. Vol. 2. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, Brasil. 628 p.
- CESCO, S.; MIMMO, T.; TONON, G.; TOMASI, N.; PINTON, R.; TERZANO, R.; NEUMANN, G.; WEISSKOPF, L.; RENELLA, G.; LANDI, L.; NANNIPIERI, P. 2012. Plant-borne flavonoids released into the rhizosphere: impact on soil bio-activities related to plant nutrition. A review. Biol. Fertil. Soils 48(2):123-149.
- CHÁVEZ DÍAZ, L.; GONZÁLEZ, P.; RUBIO, E.; MELCHIORRE, M. 2013. Diversity and stress tolerance in rhizobia from Parque Chaqueño region of Argentina nodulating *Prosopis alba*. Biol. Fertil. Soils 49(8):1153-1165.
- COZZO, D. 1980. Distribución fitogeográfica en la Argentina de *Araucaria araucana* y *A. angustifolia*. En: IUFRO Meeting on Forestry Problems of the genus *Araucaria*. Pp. 1-3.
- CRECHI, E.; FERNÁNDEZ, R.; DOMECCO, C.; HENNIG, A.; EIBL, B. 2005. Crecimiento inicial de 3 especies latifoliadas nativas de interés económico en Misiones (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steudel, *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.). Yvyrareta 13:1-9.

- CRUZ HERNÁNDEZ, Y.; GARCIA RUBIDO, M.; LEÓN GONZÁLEZ, Y.; ACOSTA AGUIAR, Y. 2014. Influencia de la aplicación de micorrizas arbusculares y la reducción del fertilizante mineral en plántulas de tabaco. *Cultivos Tropicales* 35(1):21-24.
- DE HOOGH, R.; VAN GOOR, C.; BLUM, W. 1980. Response of planted *Araucaria angustifolia* to N, P, K, Ca and B Fertilization, 3 and 7 year after application. *Actas Problemas Florestais Do Género Araucaria*. Encontro IUFRO. Curitiba, Brasil. Pp. 136-144.
- DEMAIO, P. H.; KARLIN, O. U.; MEDINA, M. J. 2002. Árboles nativos del centro de Argentina. 1.º ed. Buenos Aires. 210 p.
- DIMITRI M. J.; LEONARDIS, R.; BILONI, J. 1998. El nuevo libro del árbol: especies forestales de la Argentina oriental. Tomo II. 2.º ed. Buenos Aires. 124 p.
- DIMITRI, M. J. 1972. Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Vol. 1: descripción de las plantas cultivadas. 2 ed. Buenos Aires. 1028 p.
- DURIGAN G.; NOGUEIRA, J. C. B. 1990. Recomposição de matas ciliares. São Paulo: Instituto Florestal. 14 p.
- EASLON, H. M.; BLOOM, A. J. 2014. Easy Leaf Area: automated digital image analyses for rapid and accurate measurement of leaf area. *Appl. Plant Sci.* 2(7):doi:10.3732/apps.1400033.
- EIBL, B. I.; SILVA, F.; BOBADILLA, E.; OTTENWELLER, G. 1997. Fenología de especies forestales de la selva misionera. *Yvyrareta* 8:78-87.
- EIBL, B.; FERNANDEZ, R.; KOZARIK, J.; LUPI, A.; MONTAGNINI, F.; NOZZI, D. 2000. Agroforestry systems with *Ilex paraguariensis* (American holly or yerba mate) and native timber trees on small farms in Misiones, Argentina. *Agroforest. Syst.* 48:1-8.
- EIBL, B.; MONTAGNINI, F.; GRANCE, L.; MAIOCCO, D.; NOZZI, D. 1998. Técnicas de enriquecimiento de bosques degradados en la selva subtropical paranaense de Misiones, Argentina. *Ecología de especies nativas de la selva subtropical misionera*. Pp. 36-44.
- EWENS, M.; CLAPS, L.; NAVALL, M.; ZAMUDIO, P.; GUARDIA, L.; ROJAS, A. 2005. Técnicas silviculturales aplicadas al incremento del rendimiento de madera aserrable en plantaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) del Chaco Semiárido Argentino. *Jornadas de Ciencia y Técnica de la Universidad Católica de Santiago del Estero*.
- FAHLER, J. 1981. Variación geográfica entre y dentro de orígenes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. a los ocho años de edad en la provincia de Misiones, Argentina. Tesis de Maestría. UFP. Curitiba, Brasil. 98 p.
- FANTINI, A. C.; REIS, A.; REIS, M. S.; GUERRA, M. P. 1992. Sustained yield management in tropical forest: a proposal based on the autoecology of the species. *Sellowia* 42/44:25-33.
- FERGUSON, B. J.; INDRASUMUNAR, A.; HAYASHI, S.; LIN, M. H.; LIN, Y. H.; REID, D. E.; GRESSHOFF, P. M. 2010. Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation. *J. Integr. Plant Biol.* 52(1):61-76.
- FERNÁNDEZ TSCHIEDER, E.; MARTIARENA, R.; GOYA, J.; LUPI, A.; FRANGI, J. 2004. Ajuste de ecuaciones para la determinación de la biomasa de plantaciones de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze en el norte de la provincia de Misiones. En *Actas 11ª Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*. INTA - FCF UNaM. Eldorado.
- FERNÁNDEZ, R. 1988. Identificação dos atributos do solo determinantes da qualidade de sitio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, com apoio na metodologia da análise estrutural. Tese de Mestrado em Ciências Florestais. UFP. Curitiba. Brasil. 142 p.

- FERNÁNDEZ, R.; EIBL, B.; MONTAGNINI, F.; O'LEARY, H.; FRIEDL, R. 1994. Plantaciones de especies forestales nativas a cielo abierto en áreas degradadas de la Provincia de Misiones, Argentina. Resultados preliminares. Resumen. I Simposio Sul-Americano e II Simposio Nacional. Recuperación de áreas degradadas. FUPEF. Foz de Iguazu, Paraná, Brasil.
- FERNÁNDEZ, R.; LUPI, A.; PAHR, N. 1999. Aptitud de las tierras para la implantación de bosques. Provincia de Misiones. Argentina. *Yvyretá* 9:41-49.
- FERNÁNDEZ, R.; MARTIARENA, R.; GOYA, J.; FRANGI, J.; VON WALLIS, A.; LUPI, A.; PAHR, N. 2012. Simulación del contenido de nitrógeno y fósforo remanentes según escenarios de cosecha de rodales de *Araucaria angustifolia* de 40 años. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- FERNÁNDEZ, R.; PAHR, N.; LUPI, A. 1999. Aptitud de las tierras para la implantación de bosques. Provincia de Misiones. *Yvyretá* 9:41-49.
- FOURNIER, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba* 24(4):422-423.
- FOURNIER, L. A. 1976. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento de los árboles. *Turrialba* 26(1):96-97.
- FOURNIER, L. A.; CHARPANTIER, C. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia y las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba* 25(1):45-48.
- FRANGI, J. L.; PÉREZ, C.; MARTIARENA, R.; PINAZO, M.; MARTÍNEZ PASTUR, G.; BROWN, A.; PERI, P. L.; CEBALLOS, D. R. 2015. Aspectos ecológicos y ambientales de los bosques nativos y plantaciones forestales en la Argentina: una visión panorámica y conceptual. En: CASAS, R. R.; ALBARRACÍN, G. F. (Eds.). El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina, vol I. Buenos Aires. Pp. 365-432
- GAYOSO, J.; IROUMÉ, A. 1991. Metodología para estimar la fragilidad de terrenos forestales. *Medio Ambiente* 11 (2):13-24.
- GERDING, V.; SCHLATTER, J. E. 1999. Estabilidad nutritiva de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en cinco sitios característicos de la VIII Región. *Bosque* 20(2):107-115.
- GIANOMASI, M. A.; ROIG JUÑET, F. A.; VILLAGRA, P. E.; SRUR, A. M. 2008. Annual variation and influence of climate on the ring width and wood hydrosystem of *Prosopis flexuosa* DC trees using image analysis. *Trees* 23(1):117-126.
- GIANOMASI, M. A.; ROIG JUÑET, F. A.; VILLAGRA, P. E.; SRUR, A. M. 2013. Use of differential water sources by *Prosopis flexuosa* DC: a dendroecological study. *Plant Ecol.* 214(1):11-27.
- GIMÉNEZ, A. M.; RÍOS, N.; MOGLIA, G.; HERNÁNDEZ, P.; BRAVO, S. 2001. Estudio de magnitudes dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae. *Forest. Venez.* 45(2):175-183.
- GIMÉNEZ, A.; RÍOS, N.; MOGLIA, G.; LÓPEZ, C. 1998. Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Bosque* 19(2):53-62.
- GOYA, J. F.; FRANGI, J. L.; DENEGRI, G.; LAROCCA, F. 2009. Simulación del impacto de diferentes regímenes de cosecha sobre el capital de nutrientes e indicadores económicos en plantaciones de *Eucalyptus grandis* del NE de Entre Ríos, Argentina. *Revista DOMUS* 1:1-17.
- GOYA, J.; PEREZ, C.; FRANGI, J.; FERNÁNDEZ, R. 2003. Impacto de la cosecha y destino de los residuos sobre la estabilidad del capital de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda*. *Ecología Austral* 13(2):139-150.

- GURGEL FILHO, O.; MORALES, J. L.; GURGEL GARRIDO, L. 1982. Silvicultura de essências indígenas sobpovoamentos homoclitos coetâneos experimentais. Silvicultura em São Paulo. Instituto Florestal. Pp. 867-871.
- HAWLEY, R.; SMITH, D. 1972. Silvicultura práctica. 2.º ed. Barcelona. 544 p.
- HOPPE, J. M.; CALDEIRA, M. V. W. 2003. Micronutrientes na copa e suas correlações com o crescimento da *Araucaria angustifolia* (bertol.) o. ktze plantada em passo fundo, RS. 2003. Ciências agrárias e ambientais1(2):21-32.
- INFOSTAT. 2009. Software estadístico. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- KAGEYAMA, P. Y.; DE ABREU CASTRO, C. F. 1989. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. IPEF, Piracicaba (41/42), São Paulo, Brasil. Pp. 83-93.
- KARLIN, U.; DÍAZ, O. R. 1984. Potencialidad y manejo de Algarrobos en el árido subtropical argentino. Secretaría de Ciencia y Técnica, Programa de Recursos Naturales Renovables, Buenos Aires. 50 p.
- LANDIS, T. D. 1989. Mineral nutrients and fertilization. In: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. (Eds.). The Container Tree Nursery Manual, vol. 4. Agriculture Handbook n.º 674. USDA For. Serv. Pp. 1–70.
- LANDIS, T. D. 1990. Contenedores y medios de crecimiento. En: LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; McDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. (Eds.). Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor, vol. 2. Agric. Handbk. n.º 674, Washington, DC. Pp. 1-89.
- LEDESMA, N. R. 1953. Registro Fitofenológico Integral. Meteoros. Año III, n.º 1:81-96.
- LEGNAMÉ, P. R. 1982. Árboles indígenas del noroeste argentino (Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca). Opera Lilloana 34:1-225.
- LEYVA RODRÍGUEZ, F.; ROSELL PARDO, R.; RAMÍREZ RUBIO, A.; ROMERO ROSA, I. 2008. Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus sp.* cultivados en vivero de la unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma, Cuba. 14 p. (Disponible: http://www.e-pol.com.ar/newsmatic/imprimir.php?pub_id=99&sid=635&aid=42947&eid=50&NombreSeccion=Ecolog%C3%ADa&Accion=Imprimir&NombrePublicacion=EquipoFederal%20delTrabajo, consultado: 23 de septiembre de 2013).
- LÓPEZ, J. A.; LITTLE JUNIOR, E. L.; RITZ, G. F.; ROMBOLD, J. S.; HANN, W. J. 1987. Árboles comunes del Paraguay: Ñande Yvyra Mata Kuera. Cuerpo de Paz, Colección e Intercambio de Información, Washington. 425 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba. 201 p.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2.º ed. San Diego, London. 889 p.
- MARTIARENA, R.; FERNÁNDEZ, R.; PAHR, N.; LUPI, A.; ALEGRANZA, D.; VÖN WALLIS, A. 2002. Fertilización y crecimiento de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. Novenas Jornadas Técnicas Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina.
- MARTIARENA, R.; FRANGI, J.; PINAZO, M.; VON WALLIS, A.; FERNÁNDEZ, R. 2011. Effect of thinning and harvest type on storage and losses of phosphorous in *Pinus taeda* L. plantations in subtropical Argentina. International Journal of Forestry Research. Volumen 2011. Article ID 761532, 10 Pages. doi:10.1155/2011/761532

- MARTIARENA, R.; LUPI, A.; VÖN WALLIS, A.; PAHR, N.; FERNÁNDEZ, R. 2012. Condición edáfica y crecimiento de *Araucaria angustifolia* en función de prácticas de establecimiento. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
- MARTIARENA, R.; VÖN WALLIS, A.; FERNÁNDEZ, R.; LUPI, A.; PAHR, N. 2007. Efecto de la fertilización inicial sobre el crecimiento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. 4 Congreso Forestal de Cuba. La Habana, Cuba.
- MARTÍNEZ CROVETTO, R. 1963. Esquema fitogeográfico de la provincia de Misiones (República Argentina). En: Bonplandia 1(3):171-223.
- MAXWELL, S. R.; WIXOM, J. A.; HESSL, A. E. 2010. A comparison of two techniques for measuring and crossdating tree rings. Dendrochronologia 29(4):237-243.
- MAYZ-FIGUEROA, J. 2004. Fijación biológica de nitrógeno. Revista UDO Agrícola 4(1):1-20.
- MCGONIGLE, T. P.; MILLER, M. H.; EVANS, D. G.; FAIRCHILD, G. L.; SWAN, J. A. 1990. A new methods which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 115:495-501.
- MEDEIROS, D. P. W.; ZICKEL, C. S.; LOPES, C. S. 2007. Phenology of woody species in a tropical coastal vegetation, northeastern Brazil. Flora 202:235-247.
- MENDHAN, D.; O'CONNELL, A.; GROVE, T.; RANCE, S. 2003. Residue management effects on soil carbon and nutrient content and growth second rotation eucalypts. Forest Ecol. Manag. 181:357-372.
- MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. 1990. Target seedling concepts: Height and diameter. En: ROSE, R.; CAMPBELL, S. J.; LANDIS, T. D. (Eds.). Proceedings, Western forest nursery association. Department of agriculture, Forest service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station. Fort Collins, U. S. Pp. 17-35.
- MOGLIA, G.; GIMÉNEZ, A. M. 2006. Resultados preliminares de la arquitectura vegetal de *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*. En: II Jornadas Forestales de Santiago del Estero: Forestación y Aprovechamiento Integral del Algarrobo. Santiago del Estero. 5 p. (Disponible: <http://fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs>, consultado el 04 de mayo de 2010).
- MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; FERNÁNDEZ, R. 2005. Adaptabilidad y crecimiento de especies forestales nativas de bosque húmedo subtropical en sitios degradados de Misiones, Argentina. Yvyrareta 13:10-16.
- MONTAGNINI, F.; EIBL, B.; FERNÁNDEZ, R. 2006. Rehabilitation of degraded lands in Misiones, Argentina. Bois et forêts des tropiques 288 (2):51-65.
- MORELLATO, L. P. C. 1992. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. MORELLATO, L. P. C. (Ed.). Editora da Unicamp, Campinas. Pp. 98-110.
- MORELLATO, L. P. C. 1995. As estações do ano na floresta. En: Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra. LEITÃO FILHO, H. F. E.; MORELLATO, L. P. C. (Eds.). Campinas: UNICAMP. Pp.187-192.
- MUÑOZ, M.; AEDO, D.; CASTRO, C. 2006. Primeros resultados de una plantación mixta de *Castanea sativa* Mil. con *Robinia pseudoacacia* L. o con *Quillaja saponaria* Mol. III Congreso Latinoamericano de Ciencias Forestales. La Serena, Chile.
- NAMBIAR, E. 2004. Site Management and productivity in tropical plantation forests. En: Proceedings of workshops in Congo 2001 and China 2003. NAMBIAR, E. K. S; RANGER, J.; TIARKS, A.; TOMA, T. (Eds.). CIFOR. Indonesia. 226 p.

- NAVARRO, R. M.; VILLAR SALVADOR, P.; DEL CAMPO, A. 2006. Morfología y establecimiento de plantones. En: CORTINA, J.; PEÑUELAS, J. L.; PUÉRTOLAS, J.; SAVÉ, R.; VILAGROSA, A. (Eds.). Calidad de la planta forestal para restauración en ambientes mediterráneos. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Forestal. Madrid. Pp. 67-88.
- NEWMAN, J. P.; ALBANO, J. P.; MERHAUT, D.; BLYTHE, E. 2006. Nutrient release from controlled-release fertilizers in a neutral-pH substrate in an outdoor environment: Leachate electrical conductivity, pH, and nitrogen, phosphorus, and potassium concentrations. *HortScience* 41(7):1674-1682.
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A. 1994. New classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland tropical Rain Forest Tress at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2):141-159.
- OBERSCHELP, G. P. J.; GONÇALVES, A. N.; CALDERAN MENEGHETTI, E.; MENDES GRANER, E.; ALMEIDA, M. 2015. *Eucalyptus dunnii* Maiden plant regeneration via shoot organogenesis on a new basal medium based on the mineral composition of young stump shoots. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 51(6): 626-636.
- OBERSCHELP, G. P. J.; MARCÓ, M. A. 2010. Efecto del ácido 3-indolbutírico sobre el enraizamiento adventicio y la altura de plantines clonales de *Prosopis alba* Grisenbach. *Quebracho* 18:112-119.
- OLIVO, V. B.; BUDUBA, C. G. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque* 27 (3): 267-271.
- PERPIÑAL, E.; BALZARINI, M.; CATALAN, L.; PIETRARELLI, L.; KARLIN, U. 1995. Edad de culminación de crecimiento en *Prosopis flexuosa* D.C. en Chaco Árido Argentino. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 4(1):45-55.
- PHILIPS, J.; HAYMAN, D. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. British Mycol. Soc.* 55:158-161.
- PLACI, G.; DI BITETTI, M. 2006. Ecorregión Selva Paranaense. En: BROWN, A.; MARTÍNEZ ORTÍZ, U.; ACERBI, M.; CORCUERA, J. (Eds.). La situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina. Pp. 195-225.
- PRAUSE, J.; ANGELONI, P. 2000. Fenología de especies forestales nativas: abscisión de hojas. *Comunicaciones científicas y tecnológicas 2000*. Universidad Nacional del Nordeste. 3 p. (Disponible: http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2000/5_agrarias/a_pdf/a_058.pdf, consultado el 04 de agosto de 2010).
- PRITCHETT, W. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. 2.º ed. México. 634 p.
- QUIÑONES-AGUILAR, E. E.; LÓPEZ-PÉREZ, L.; RINCÓN-ENRÍQUEZ, G. 2014. Dinámica del crecimiento de papaya por efecto de la inoculación micorrízica y fertilización con fosforo. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 20(2):223-237.
- RAMÍREZ, V.; RUBILAR, R.; MONTES, C.; STAPE, J. L.; FOX, T. R.; LEE ALLEN, H. 2016. Nitrogen availability and mineralization in *Pinus radiata* stands fertilized mid-rotation at three contrasting sites. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 16(1):118-136.
- RAMOS, A.; BISCAIA, R. C. M.; CASTELLANO, A. C.; LEITÃO, L. C. 1991. Levantamento florestal da estação experimental Morretes I do Instituto Agronômico do Paraná. En: Congreso Florestal e do Meio Ambiente do Paraná, Curitiba. Anais. Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais. Pp. 113-124.

- REIS, M. 1996. Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para a conservação e manejo de populações naturais em plantas. *Revista Brasileira de Genética* 19(4):37-47.
- REIS, M. S.; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; GUERRA, M. P.; REIS, A. 2000. Sustained yield management of *Euterpe edulis* Martius (Palmae): a tropical palm tree from the Atlantic Tropical Forest. *Journal of Sustainable Forestry* 11(3):1-17.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. 1988. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. 1.º ed. Porto Alegre, Brasil. 525 p.
- SALIFU, K. F.; JACOBS, D. F. 2006. Characterizing fertility targets and multi-element interactions in nursery culture of *Quercus rubra* seedlings. *Ann. For. Sci.* 63: 231–237.
- 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):90-120.
- SALTO, C.; OBERSCHELP, J.; MELCHIORRE, M.; POZZI, E.; HARRAND, L. 2015a. Efecto de la fertilización e inoculación con rizobios sobre el crecimiento de plantines de algarrobo blanco en condiciones de vivero. XXIX Jornadas Forestales De Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. En actas. 5p. (Disponible: http://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2015/Fertilizacion-y-rizobios-en-algarrobo_Salto-et-al.pdf, consultado el 16 de mayo de 2016).
- SALTO, C.; SAGADIN, M.; LUNA, C.; OBERSCHELP, J.; HARRAND, L. 2015b. Efecto de la fertilización y de hongos micorrícicos arbusculares nativos en el crecimiento de plantines de algarrobo blanco. XXIX Jornadas Forestales De Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos. En actas. 5 p. (Disponible: http://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2015/Fertilizacion-y-HMA-en-algarrobo_Salto-et-al.pdf, consultado el 16 de mayo de 2016).
- SÁNCHEZ, R. J.; GÖTZ, I.; SEGOVIA, W. 1988. Enriquecimiento de bosques nativos de Misiones. Implantaciones bajo cubiertas. Segunda comunicación. VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero. Tomo I. Pp. 193-195.
- SÁNCHEZ, R. J.; GÖTZ, I.; SEGOVIA, W. 1993. Enriquecimiento de bosque nativo. Implantación bajo cubierta. Tercera comunicación. VII Jornadas Técnicas: Ecosistemas Forestales Nativos, Uso, Manejo y Conservación. ISIF-FCF. Eldorado, Misiones. Actas I. Pp. 300-308.
- SCAMBATO, A. A. 2013. Influencia de la simbiosis con micorrizas arbusculares y rizobios sobre el crecimiento y la tolerancia a estrés salino en especies forestales de *Prosopis*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina, 184 p.
- SCAMBATO, A. A.; ECHEVERRÍA, M.; SANSBERRO, P.; RUÍZ, O. A.; MENÉNDEZ, A. B. 2011. *Glomus intraradices* improved salt tolerance in *Prosopis alba* seedlings by improving water use efficiency and shoot water content. *Braz. J. Plant. Physiol.* 22(4):285-289.
- SCHUMACHER, M.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F.; LOPES, V.; VIERA, M. 2011. Produção de biomassa no corte raso em plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze de 27 anos de idade em Quedas do Iguaçu, PR. *Ciência Florestal* 21(1): 53-62.
- SILVA, F.; EIBL, B.; BOBADILLA, A. 2008. Características climáticas de la localidad de Eldorado. Misiones, Argentina. En actas de las XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado, Misiones.
- SOIL SURVEY STAFF. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11.º ed. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 338 p.
- URZÚA, H. 2005. Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 32(2):133-150.

- VALLADARES, F.; VILAGROSA, A.; PEÑUELAS, J.; OGAYA, R.; CAMARERO, J. J.; CORCUERA, L.; SISÓ, S.; GIL-PELEGRÍN, E. 2014. Capítulo 6: Estrés hídrico: Ecofisiología y escalas de la sequía. En: VALLADARES, F. (Ed.). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de medio ambiente. Madrid. Pp. 163-190.
- VENCE, L. B. 2008. Disponibilidad de agua-aire en substratos para plantas. *Ciencia del Suelo* 26(2):105-114.
- VILCHEZ, B.; CHAZDON, R.; REDONDO, A. 2004. Fenología reproductiva de cinco especies forestales del Bosque Secundario Tropical. *Kurú* 1(2):1-10.
- VILLAR SALVADOR, P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. En: REY-BENAYAS, J. M.; ESPIGARES PINILLA, T.; NICOLAU IBARRA, J. M. (Eds.). Restauración de ecosistemas mediterráneos. Universidad de Alcalá, Asociación española de ecología terrestre. España. Pp: 65-86.
- VILLELA, M.; BEZERRA GASPAR, R.; DE SOUZA, K.; ANGELO, A.; HOROKOSKI, T. 2014. Avaliação do crescimento inicial de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze sob diferentes tipos de adubação. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura em Campinas, São Paulo, Brasil.
- ZAMIOUDIS, C.; PIETERSE, C. M. 2012. Modulation of host immunity by beneficial microbes. *MPMI* 25(2):139-50.
- ZANDAVALLI, R.; DILLENBURG, L.; SOUZA, P. 2004. Growth responses of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) to inoculation with the mycorrhizal fungus *Glomus clarum*. *Applied Soil Ecology* 25:245-255.
- ZAOUCHI, Y.; BAHRI, N. B.; REZGUI, S.; BETTAIEB, T. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and fertilization on mycorrhizal statute of *Jacaranda mimosifolia* D. Don cultivated in nurseries. *Comptes Rendus Biologies* 336(10):493-499.



■ Campo anexo Manuel Belgrano de INTA



■ Ejemplar de *Cordia trichotoma*



■ Frutos y semilla de *Cabralea canjerana*



■ Cosecha de frutos en *Cordia trichotoma*



■ *Araucarias* en jornada de campo

La actividad forestal en los bosques nativos de Argentina se ha caracterizado por ser altamente extractiva y selectiva, ocasionando una pérdida de diversidad asociada a estos recursos. Especies como algarrobo blanco, araucaria o peteribí son relevantes, particularmente en las ecorregiones Parque Chaqueño y Selva Paranaense, por sus características, funcionalidad y propiedades de su madera para usos diversos, siendo estos los motivos de su estudio para su cultivo en bosques monoespecíficos y coetáneos.

El objetivo que se persigue con este documento, es poner a disposición conocimiento y avances tecnológicos aplicables para la toma de decisiones por parte de profesionales y productores, con la intención de mejorar la calidad, productividad y rentabilidad de sus producciones.

Esta obra reúne los resultados conseguidos en las investigaciones efectuadas en el marco del Proyecto Nacional Forestales 1104073 de INTA en conjunto con otras instituciones como CONICET y las Universidades.



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación