

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

Carla S. Salto y Ana María Lupi



**INTA** // Ediciones

*Colección*  
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN



■ 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

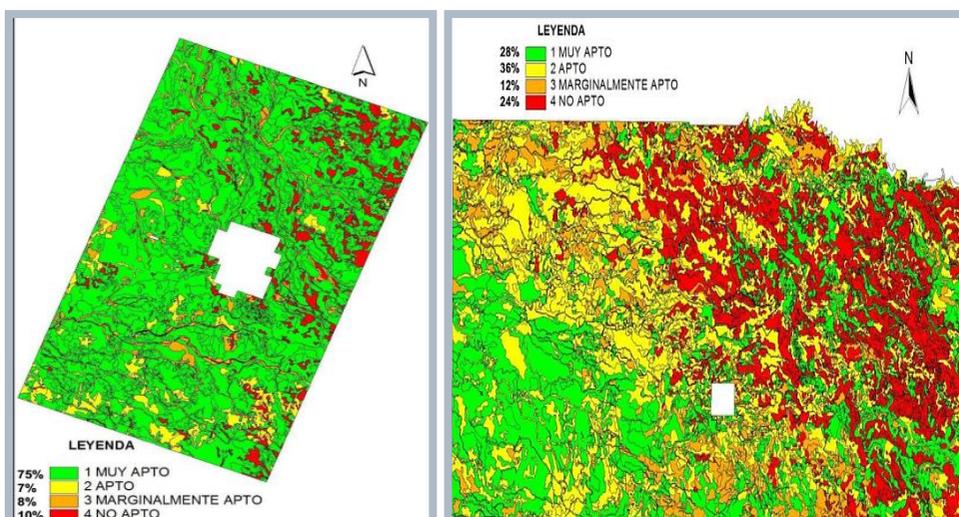
Sandra Bravo - Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero

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         |
| <b>1. <i>Prosopis alba</i> .....</b>   | <b>10</b> |
| 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        |
| <b>2. <i>Araucaria angustifolia</i> .....</b>  | <b>42</b> |
| 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        |
| <b>3. Otras Especies de la Selva Paranaense.....</b>   | <b>58</b> |
| 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        |
| <b>4. Publicaciones derivadas de las investigaciones.....</b>  | <b>68</b> |
| <b>5. Fuente de financiamiento de las investigaciones.....</b>   | <b>70</b> |
| <b>6. Bibliografía.....</b>  | <b>71</b> |



❖ **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).

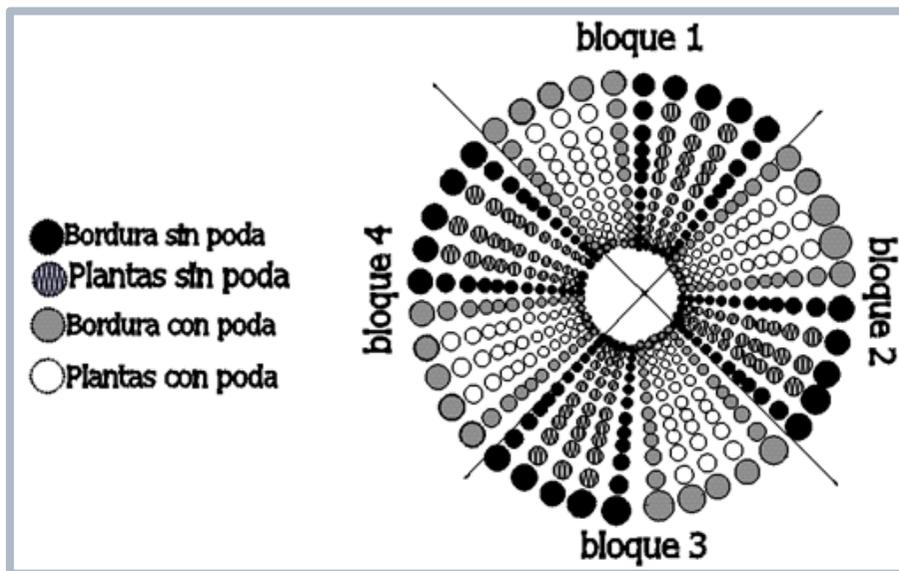
En función de ello, en el año 2005 se instaló un ensayo en la Estación Experimental Fernández (Santiago del Estero) con el objetivo de probar si la poda y las distintas densidades de plantación afectaban el crecimiento volumétrico del fuste (tronco principal) de los algarrobos. Se tuvo en cuenta la densidad 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<sup>-1</sup>) 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

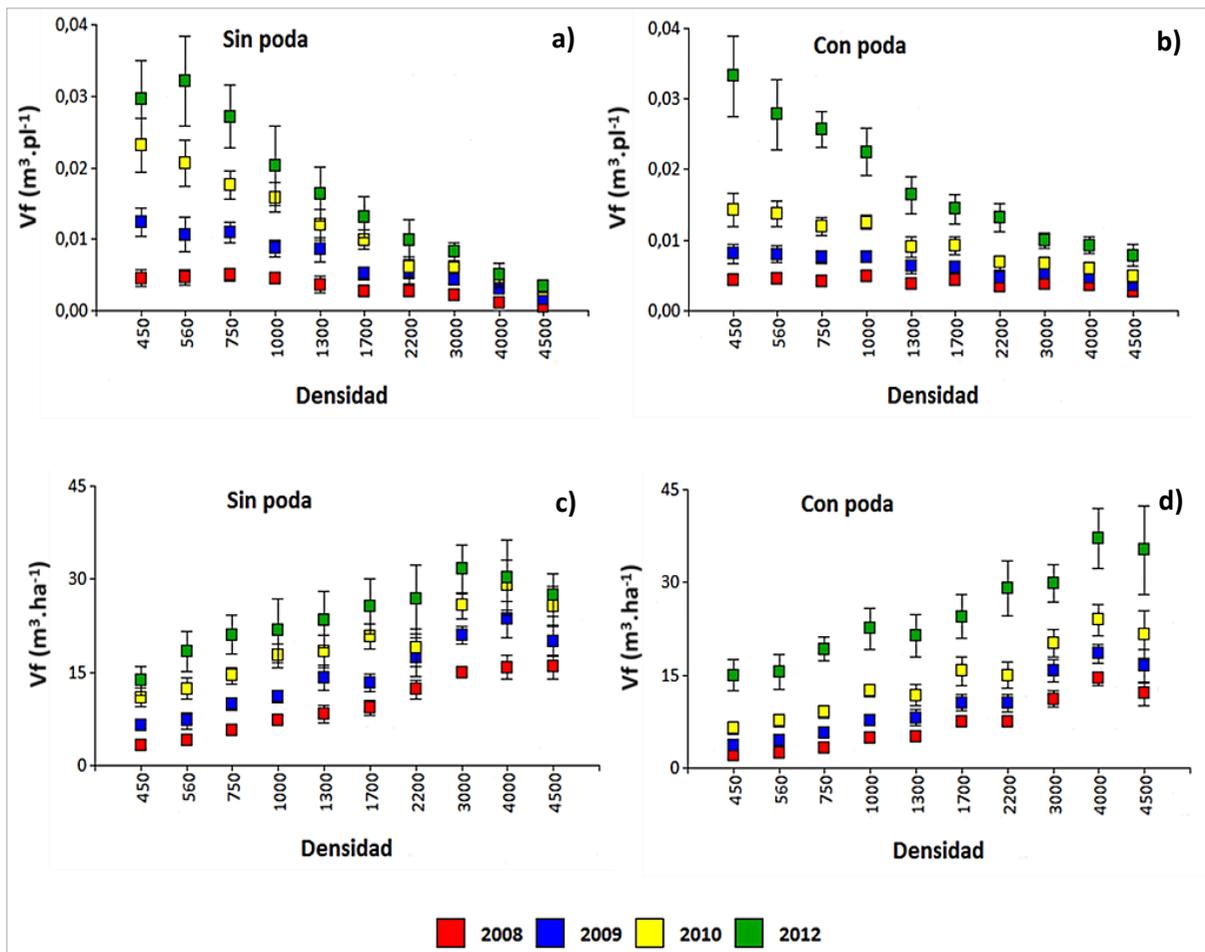
Si bien existen antecedentes del efecto de estas prácticas en plantas de algarrobo blanco, en esta investigación en particular se utilizó una amplia gama de densidades combinadas con poda. Así, el diseño empleado (Nelder) fue eficiente y aportó

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  $500 \text{ pl. ha}^{-1}$ , 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