

Crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. en plantación pura y sistema silvopastoril, en Chaco, Argentina.

Growth of *Prosopis alba* Griseb. in pure plantation and silvopastoral system, in Chaco, Argentina

M.A. Atanasio; A.L.S. Pernochi. Estación Experimental Agropecuaria INTA, Ruta 95 Km 1108. CP. 3700. Saenz Peña, Chaco.

Resumen

El objetivo de este trabajo consiste en comparar el crecimiento de *Prosopis alba* en dos sistemas de plantación. El estudio se realizó en una plantación de 4 años de edad, ubicada en Presidencia Roque Saenz Peña, Chaco. Los tratamientos consistieron en 2 sistemas de plantación: sistema macizo (SM) con marco de plantación de 3m x 3m y sistema en líneas dobles (SLD) con marco de plantación de 4m x 2,5m y callejones de 14m entre pares de líneas, equivalentes a densidades iniciales de 1.111 y 444árb/ha, respectivamente. Se establecieron 12 parcelas rectangulares de muestreo, distribuidas 6 en cada sistema de plantación, donde se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y radios de copa, y se observó la forma de fuste. Se calculó las variables: área basal y volumen de fuste por hectárea. Los resultados señalan que el sistema de plantación no tiene un efecto significativo sobre el crecimiento del diámetro ($p > 0,4020$) y si es significativo sobre la altura total ($p > 0,0001$). El crecimiento en área basal y volumen de fuste fueron significativamente superiores en el SM ($1,46\text{m}^2/\text{ha}/\text{año}$, $2,19\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$, respectivamente) que en el SLD ($0,55\text{m}^2/\text{ha}/\text{año}$ y $0,82\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$, respectivamente), atribuibles posiblemente a la densidad inicial. Hubo influencia del sistema de plantación sobre la longitud de radios de copa, y sobre porcentaje de plantas con mejor forma. Con la investigación se espera avanzar en la evaluación de la producción forrajera, de madera y las interacciones entre los componentes y el ambiente.

Palabras clave: algarrobo blanco, espaciamiento, sistema de plantación, líneas dobles.

Abstract

The objective of this work is to compare the growth of *Prosopis alba* in two plantation system. The study was carried out in a plantation of 4-year-old, located in Presidencia Roque Saenz Peña, Chaco. The treatments consisted of two systems of plantation: pure system (PS) with distance between of trees of 3m x 3m, and system in double rows (DRS) with distance between of trees of 2,5m x 4m and 14m between pairs of rows, equivalent at initial densities of 1111 and 444 plant/ha, respectively. Twelve rectangular sampling plots were established, distributed 6 in each plantations system, where diameter at breast height (DBH), total height and crow radius, were measured, and stem form was observed. Were calculated the variables: basal area and stem volume per hectare. The results indicate that the plantation system does not have a significant effect on the growth of the diameter ($p > 0.4020$) and if is significant on the total height ($p > 0.0001$). The growth in basal area and stem volume were significantly higher in the PS ($1.46\text{ m}^2/\text{ha}/\text{year}$, $2.19\text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$, respectively) than in the DRS ($0.55\text{ m}^2/\text{ha}/\text{year}$ and $0.82\text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$, respectively), possibly attributable to the initial density. There was influence of the plantation system on the length of crow radius, and on percentage of plants with better quality of stem form. The research is expected to advance in the evaluation of forage production, wood and the interactions between the components and the environment.

Keywords: White carob, spacing, plantation system, double rows.

Introducción

En el Chaco semiárido las zonas de bosques nativos, tradicionalmente con usos forestales y pastoriles han sufrido en los últimos años, un proceso de fragmentación con el avance la agricultura (Torrella y Adámoli 2005). Por otra parte, en el Parque Chaqueño se incrementó la superficie destinada a la ganadería, avanzando sobre el bosque nativo (Rearte, 2007). En consecuencia, es necesario desarrollar alternativas productivas que permitan la integración de la producción ganadera en sistemas más armónicos. Las forestaciones para uso múltiple, particularmente los sistemas silvopastoriles, surgen como una alternativa productiva de diversificación y maximización de ingresos (Viglizzo y Jobbágy, 2009). En la provincia del Chaco la principal especie utilizada en las forestaciones es el algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.), las cuales suman un total de 3.541 hectáreas, (IIFA). Constituye una de las especies nativas de mayor importancia económica de la provincia. Son diversos y reconocidos los productos y bienes que ofrece la especie y su aptitud para implementar sistemas mixtos de producción como los sistemas silvopastoriles. Por sus destacadas aptitudes tecnológicas y múltiples aplicaciones es la más aprovechada en la industria de la madera. Gran parte de las forestaciones existentes presentan crecimiento moderado con deficiencias en el manejo silvícola, salvo excepciones, donde se aplican podas y raleos para mejorar la estructura de las plantaciones y favorecer un aprovechamiento pastoril de las mismas (Delvalle, 2005, Pérez et al., 2016, Atanasio, 2014, Kees et al., 2018). El material de plantación empleado proviene del vivero de producción local producidos de semillas cosechadas en áreas de cosechas y rodales naturales e implantados. Los marcos de plantación empleados son de 3m x 3m, 4m x 4m, 5m x 4m, 5m x 5m, orientadas específicamente a la producción maderable (Dirección de Producción Forestal 2015). Los usos pastoriles en plantaciones forestales se ven limitados por las densidades de plantación y su manejo. En estudios realizados con diferentes densidades de *Pinus elliotti*, Colcombet et al., (2009) encontraron baja productividad de la forrajera *Axonopus catariensis* a densidades superiores de 491 árb/ha y productividad marginal de *Brachiaria brizanta* a densidades iguales o superiores a 249 árb/ha. Estudios realizados por Chiossone et al., (2014) revelan que la producción *Panicum máximum* se reduce debajo de plantaciones de *Prosopis alba* con respecto a cielo abierto. La densidad de árboles en macizos de plantación sumado la falta de raleos de los mismos, impacta negativamente tanto en la producción forrajera como en el incremento maderable (Atanasio et al., 2018). Resulta necesario avanzar en el conocimiento de planteos con objetivos silvopastoriles desde el inicio de las plantaciones y ajustar su manejo para optimizar la producción del sistema.

El objetivo de este trabajo consiste en comparar el crecimiento de *Prosopis alba* en dos sistemas de plantación, uno en macizo y otro en líneas dobles con callejones (orientado a sistemas silvopastoriles), con un material genético selecto.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una plantación de *Prosopis alba* de 5 hectáreas de superficie, ubicada en la estación experimental agropecuaria del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), situada en Presidencia Roque Sáenz Peña provincia de Chaco, Argentina (26° 51' 16" S y 60° 25' 25" O). La edad de la plantación estudiada es de 4 años, originada a partir de plantines producidos de semilla de un origen específico seleccionado por el programa de mejoramiento genético del algarrobo (López Lauestein et al., 2016). Comprende dos sistemas de plantación: 3 hectáreas de sistema macizo (*SM*) con marco de plantación a 3m x 3m (densidad 1111 pl./ha), 2 hectáreas de sistema de líneas dobles (*SLD*) con marco de plantación de 2,5m x

4m y callejones de 14m entre pares de líneas (densidad 444 pl./ha), la orientación de las líneas de plantación es de Este a Oeste. El suelo donde se sitúa la plantación abarca dos series (Golondrina y Matanza). En muestreos de suelos realizados previos a la plantación, se encontró alto grado de compactación entre los 10 y 23 cm de profundidad (valores altos de resistencia a la penetración), la textura es franco-limosa a franco-arcillosa, medianamente provisto de materia orgánica; mediana capacidad de retención de agua, PH neutro a ligeramente alcalino, bien provisto de fosforo, valores moderados de nitrógeno total hasta 5 cm y pobre en profundidad. El manejo silvícola aplicado, en ambos sistemas, fue de poda de formación de fuste al primer año y poda sistemática o total a los 2 años de edad (hasta 1m de altura). Primer raleo a los 3 años de edad en el sistema macizo, con una intensidad de extracción del 30% de la densidad, sacando de forma selectiva los ejemplares mal conformados, enfermos, inclinados o tortuosos.

Se han establecido 12 parcelas rectangulares de muestreo, distribuidas 6 en cada sistema de plantación. Se identificaron en cada parcela 10 ejemplares sobre los cuales se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) empleando forcípula, altura total con clinómetro SUUNTO y 4 radios de copa en sentido hacia los puntos cardinales. Se observó también calidad de forma de fuste (en escala de categorías de forma muy buena, buena, regular y mala).

Se analizó las variables respuesta DAP, altura total, radios de copa. También se analizó incremento medio anual (IMA) de las variables: DAP, altura total, área basal y volumen de fuste. Se empleó análisis estadístico mediante modelos lineales generales y mixtos del programa InfoStat [versión 11/09/2017]-[R 3.2.4], considerando como factor de efecto fijo el tipo de plantación y como factores de efecto aleatorio la serie de suelo y las parcelas. Para la comparación múltiple de promedios se utilizó la prueba LSD de Fisher al 5% de significancia. Se analizó de forma descriptiva las variables respuesta, tanto las cuantitativas de crecimiento como la cualitativa que expresa la calidad de fuste.

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis estadístico realizado muestran que existe diferencias estadísticas significativas de la altura total de las plantas entre los sistemas de plantación evaluados. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas en el diámetro. En cuanto a la variable longitud de radios de copa, hubo diferencias estadísticas significativas en los sentidos Sur y Oeste y no hubo diferencia en los sentidos Norte y Este (tabla 1). El incremento medio anual en altura, área basal y volumen mostró diferencias significativas entre los sistemas, no así el incremento del diámetro (tabla 2).

Tabla 1: nivel de significancia para el efecto sistema de plantación sobre el diámetro, altura y radios de copa.

Fuente	GL	Variables					
		DAP (cm)	Altura total (m)	R1O (m)	R2E (m)	R3N (m)	R4S (m)
Sistema	1	0,4020ns	<0,0001	0,0008	0,0666ns	0,2226ns	0,0074

^{ns} no significativo para un $\alpha=0,05$.

Tabla 2: nivel de significancia para el efecto sistema de plantación sobre el crecimiento y producción

Fuente	GL	Variables
--------	----	-----------

		IMA-DAP (cm/año)	IMA-Alt. total (m/año)	AB (m ² /ha)	Volumen fuste (m ³ /ha)
Sistema	1	0,4020ns	<0,0001	0,0103	0,0103

^{ns} no significativo para un $\alpha=0,05$.

Sin bien en el diámetro medio no hubo diferencias significativas, se encontró un valor levemente superior en el sistema macizo (*SM*). Esto puede estar explicado por el hecho de haber sido raleado oportunamente, en consecuencia, el crecimiento en diámetro no se vio afectado significativamente por la competencia y además se mejora la estructura al eliminar ejemplares dominados, enfermos y de mala forma. Analizando las estadísticas descriptivas (tabla 3) se observa menor variabilidad (menor coeficiente de variación) respecto del sistema de líneas dobles, el cual presenta un valor máximo superior, pero a su vez mayor cv. Sin embargo, para la variable altura total la comparación mostró diferencias significativas con un valor mayor a favor del sistema macizo.

En cuanto a la longitud de radios de copa se observa valores medios superiores en las orientaciones norte y sur del sistema de líneas dobles (*SLD*) respecto de los radios este y oeste (imagen 1). Comparando entre los sistemas de plantación los radios sur y oeste mostraron diferencias significativas, el valor del radio sur fue superior en *SLD*, sin embargo, el radio oeste presentó mayor valor en *SM* (imagen 1). En el *SLD* la respuesta de crecimiento de la copa en algarrobo tiende a ocupar el espacio disponible (14 metros) entre las líneas de plantación, hacia los sentidos Norte y Sur. Este aspecto adquiere relevancia cuando se instala la pastura, por la influencia de la copa y sombreado sobre la misma. Efectos significativos del espaciamiento entre fajas de árboles sobre la producción forrajera fueron encontrados por Cremon (2013) y Castro Santos et al., (2016), encontrando mayor producción entre fajas más distanciadas.

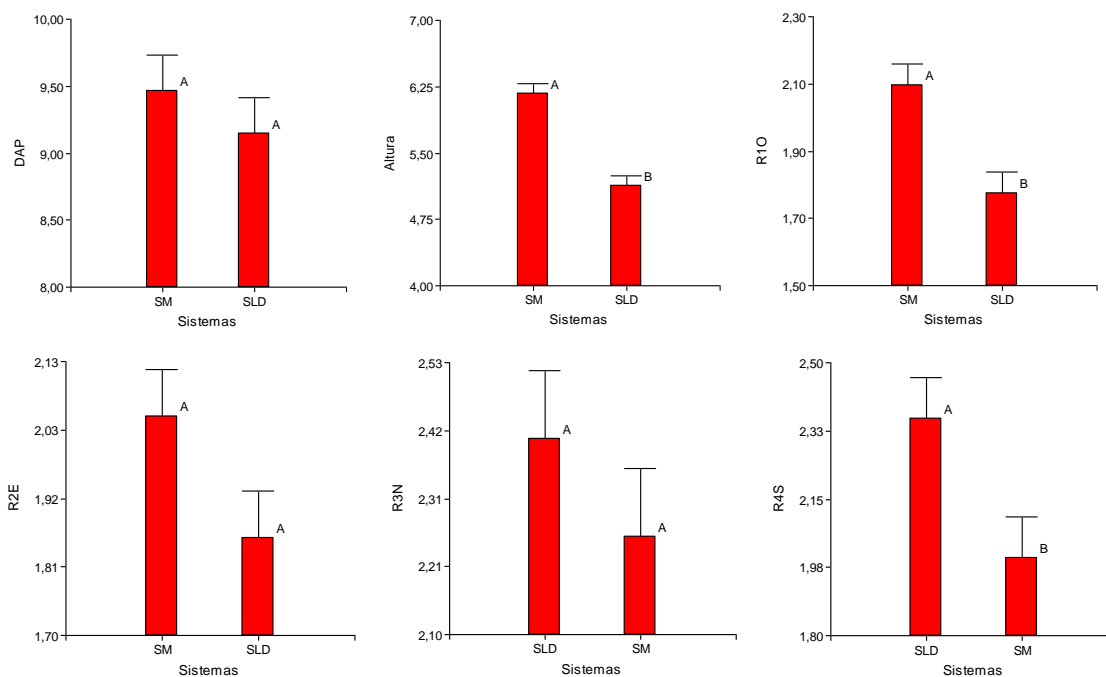


Imagen 1: Comparaciones múltiples entre las medias del DAP, altura total y longitudes de radios de copa. Letras distintas en las barras indican diferencias significativas.

Tabla 3: estadísticas descriptivas del diámetro y altura total

Sistema	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.
<i>SM</i>	DAP	60	9,47	2	21,16	5	12,9
<i>SM</i>	Altura	60	6,18	0,83	13,37	3,6	7,7
<i>SLD</i>	DAP	60	9,15	2,14	23,39	4,3	16,9
<i>SLD</i>	Altura	60	5,14	0,92	17,82	2,8	9,1

Las comparaciones entre las medias muestran valores de crecimiento en altura, área basal y volumen de fuste, significativamente superiores en el *SM* (tabla 4). El crecimiento en volumen de fuste hallado concuerda con los resultados de Zárate (2017), quien calculó, para *Prosopis alba*, crecimientos de 2 m³/ha/año con densidades de 450 pl/ha, a 5 m³/ha/año con densidades de 4500 pl/ha, en la Zona de riego de Santiago del Estero. Pérez et al., (2016), para la misma especie, midieron incrementos volumétricos de fuste de 2,19 a 3,65 m³/ha/año, en plantaciones con distintas densidades generadas por raleos, en la Provincia de Formosa. El crecimiento en diámetro no difiere significativamente entre los sistemas de plantación, sin embargo, observando las estadísticas descriptivas vemos que el diámetro en el *SLD* presenta mayor variabilidad de datos y un valor máximo superior que el sistema de macizo (tabla 5). El crecimiento medio en diámetro registrado condice con valores indicados por Kees et al., (2018) para sitios de muy buena calidad con crecimientos de 1,7 a 2,1 cm/año a partir del estudio de parcelas distribuidas en plantaciones de diferentes puntos de la provincia del Chaco.

Tabla 4: Comparaciones múltiples entre las medias del crecimiento en DAP, altura total, área basal y volumen de fuste.

Sistema	Variables			
	IMA-DAP (cm/año)	IMA-Alt. total (m/año)	Área basal (m ² /ha/año)	Volumen fuste (m ³ /ha/año)
<i>SM</i>	2,37a	1,56a	1,46a	2,19a
<i>SLD</i>	2,29a	1,27b	0,55b	0,82b

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

Tabla 5: Estadísticas descriptivas del incremento medio anual del diámetro y altura.

Sistema	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.
<i>SM</i>	IMA-DAP	60	2,37	0,5	21,16	1,25	3,23
<i>SM</i>	IMA-ALT	60	1,55	0,21	13,36	0,9	1,93
<i>SLD</i>	IMA-DAP	60	2,29	0,53	23,36	1,08	4,23
<i>SLD</i>	IMA-ALT	60	1,29	0,23	17,81	0,7	2,28

Calidad de forma del fuste: evaluando el porcentaje de plantas por categorías de formas, en cada uno de los sistemas de plantación se observó una influencia de mejora en el *SM*. La categoría de forma buena presentó una mayor proporción en el *SM*, en tanto que las categorías de forma regular y mala tuvieron menor proporción en este sistema respecto del *SLD*. Efectos del distanciamiento sobre la forma del fuste como consecuencia de la competencia de las copas también fueron observados por Ewens y Navall (2006).

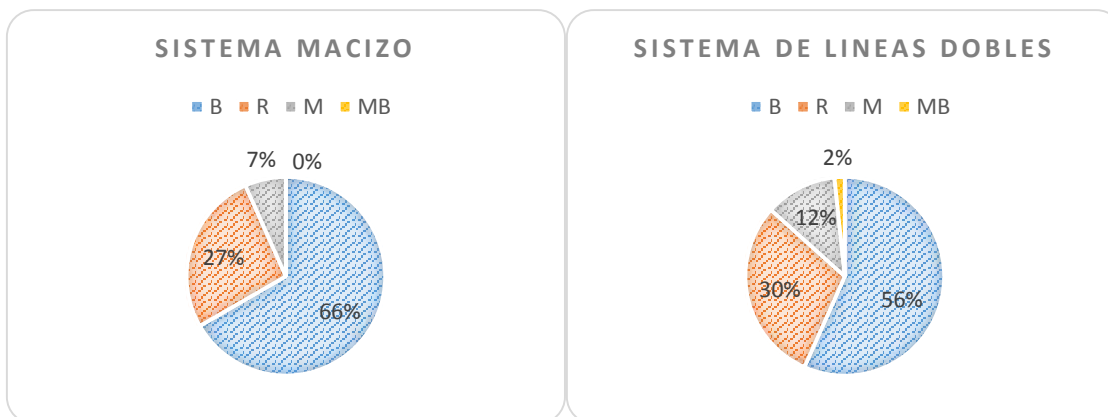


Imagen 2: Porcentaje de plantas por categoría de forma de fuste y sistema de plantación. (MB: muy bueno; B: bueno; R: regular; M: malo).

Conclusiones

Se encontraron diferencias significativas en el crecimiento en altura, volumen maderable y mejor calidad de forma a favor del sistema de macizo, posiblemente por el alto número de individuos por hectárea implantado. El sistema macizo con alta densidad inicial tuvo manejo silvícola de raleo del 30%, mientras que el sistema de líneas dobles se mantuvo con la densidad inicial, esto repercute en la variación de alturas diámetros y forma de fuste. El crecimiento en diámetro individual de los árboles presenta leves diferencias entre los sistemas de plantación.

El destacado crecimiento del material de algarrobo en estudio, que alcanza valores medios de 9,15 cm de diámetro y 5 m de altura a los 4 años, en el sistema de líneas dobles, permitiría adelantar la posibilidad de implantar pasturas y el uso con pastoreo, sin afectar los árboles por competencia de la gramínea y con escaso riesgo de daños por los animales.

Con la investigación se espera avanzar en la evaluación de la producción forrajera y de madera, una vez instalada la pastura en el sistema de líneas dobles, además estudiar las interacciones entre el componente arbóreo, forrajero y el ambiente.

Bibliografía

- Atanasio, M., Pernochi, A., Chiossone, J. Productividad maderera y forrajera de un sistema silvopastoril de *Prosopis alba* de variable densidad de árboles y radiación. IV Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles. Villa La Angostura, Argentina. 31 de octubre al 2 de noviembre de 2018. Trabajo completo 13, Pp. 98-106.
- Atanasio, M.A. 2014. Influencia de raleos selectivos sobre el crecimiento de *Prosopis alba* Griseb.. XXVIII Jornadas Forestales de Entre Ríos, Argentina. 11ª edición ISSN 1667-9253. A.I.A.N.E.R.-INTA Concordia. Trabajo extendido (595.15-TE-Atanasio).
- Chiossone, J., Vicini, R., Jacquet, J.A., Ondo Misi, S., 2014. Comportamiento de *Gatton Panic* en Chaco (Argentina), mejoramiento en la utilización con suplementación y confinamiento en autoconsumo de silajes. XXII Congreso Internacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Praderas y Forrajes. CEA Praderas y forrajes. Asunción, Paraguay. Pp 13 a 39.
- Colcombet, L., Pachas, A.N.A., Fassola H.E., 2009. Sistemas silvopastoriles de *Pinus elliottii* var. *Elliottii* x *caribaea* var. *Hondurensis* (F2), *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf y *Axonopus catariensis* Valls, a diferentes densidades arbóreas en el NO de Misiones. 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al comportamiento forestal arbóreo, forestales. Posadas Misiones, Argentina.
- Cremon, T. 2013. Espaçamento entre faixas de arvores (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) e suas interrelações com o acúmulo de forragem [*Urochloa brizantha* (Hochts. Ex A. Rich.) Stapf cv. Xaraés], Microclima e bem-estar animal. Dourados, MS: UFGD.
- Delvalle P. 2008. Raleos selectivos en forestación joven de algarrobo blanco *Prosopis alba*. http://www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/forest/art/forest06_1.htm
- Ewens, M; Navall M 2006. II Jornadas Forestales de Santiago del Estero-Forestación y Aprovechamiento Integral del Algarrobo. Documento de recorrida a campo. <https://fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-forestales/pdfs/Principales%20conclusiones.pdf>

Kees, S.M.; Ferrere, P.; Lupi, A.M.; Michela, J.M.; Skoko, J.J. 2018. Producción y crecimiento de las plantaciones de *Prosopis alba* Griseb. en la Provincia del Chaco. Artículos RIA/Trabajos en prensa. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_produccion_y_crecimiento_de_las_plantaciones_de_prosopis_alba_griseb_en_la_prov_chaco.pdf

Lopez Lauenstein, D.; Vega, C.A.; Luna, C.; Sagadin, M.; Melchiorre, M.; Pozzi, E.; Salto, C.; Oberschelp, J.; Torales, S. Pomponio, F.; Kees, S.; Chávez días, L.; Gomez, C.; Verga, A. 2016. Subprograma Prosopis. En Marcó, M.A.; Gallo, L.A.; Verga, A.R. Domesticación y mejoramiento de especies forestales. 1ª Ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. Unidad para el Cambo Rural, UCAR. Pp 113-135. ISBN 978-987-1873-40-1.

Rearte, D.; 2007. Distribución Territorial de la Ganadería vacuna. Sitio Argentino de Producción Animal.

Torrella, S.A. Adámolli, J. 2005. La situación ambiental de la ecorregión del chaco seco. La situación Ambiental Argentina. Pp 75-99.

Pérez, V.R.; Cañete, M.C.; Vicentini, G.M. 2016. Crecimiento de *Prosopis alba* Griseb en rodales con distintas densidades postraleo. XXX Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia.

Viglizzo, E. F. y Jobbagy, E. 2009. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Ediciones INTA.

Zárate, M.H., 2017. Efecto de la poda, el distanciamiento y su interrelación sobre el crecimiento y la calidad forestal de plantas de *Prosopis alba* Griseb. en la zona de riego de Santiago del Estero. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires. Área Recursos Naturales. Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano Facultad de Agronomía.