

PRODUCTIVIDAD MADERERA Y FORRAJERA DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL DE *Prosopis alba* DE VARIABLE DENSIDAD DE ÁRBOLES Y RADIACIÓN

TIMBER AND FORAGE PRODUCTIVITY UNDER *Prosopis alba* SILVOPASTORAL SYSTEM OF DIFFERENTS STAND DENSITY AND RADIATION

Marcos A. Atanasio (1), Aurelia L. S. Pernochi (2), José G. Chiossone (3).

(1, 2 y 3) INTA-EEA Saenz Peña, Presidencia Roque Saenz Peña, Chaco, Argentina.

Dirección de contacto: atanasio.marcos@inta.gob.ar; Ruta 95 km 1108, (3700), Pcia. Roque Saenz Peña, Chaco, Argentina

Resumen:

Se evaluó el crecimiento de un rodal implantado de algarrobo blanco (*Prosopis alba*), la intensidad de luz que ingresa bajo el dosel y su relación con la producción de pastura. El estudio se llevó a cabo en una forestación comercial de algarrobo blanco de 18 años de edad, con manejo silvopastoril en base a pastura implantada (*Panicum máximum cv Gatton panic*), ubicada en la Localidad de Concepción del Bermejo, Chaco Argentina. Se estudiaron 6 parcelas permanentes en diferentes condiciones de densidades de árboles generadas por dos raleos que tuvo el rodal. Mediciones dasométricas y de radiación fotosintéticamente activa (RFA) fueron realizadas durante los años 2015, 2016 y 2017 y mediciones de producción de pastura en jaulas de exclusión durante los años 2014 a 2017. Se observó que el crecimiento anual del diámetro de los árboles es menor a mayor densidad con valores de 1,2 a 0,3cm para densidades de 150 a 270 árboles/ha, respectivamente. El porcentaje de RFA que atraviesa el dosel fue de 62% en densidad de 150 árboles/ha, y de 33% en densidad de 270 árboles/ha, estos niveles de radiación y densidades arbóreas hacen variar la producción de pastura de 8000 a 3300 kgMS/ha/año respectivamente. La conducción silvícola con raleos oportunos y con intensidades adecuadas permite maximizar la producción maderable y forrajera para obtener mayores beneficios del sistema. Se recomienda manejar el rodal a los 18 años con una densidad de 150 árboles/ha. para el sitio en estudio.

Palabras clave: algarrobo blanco; *Panicum maximum*; forestación; luz

Abstract

The growth of an implanted stand of algarrobo blanco (Prosopis alba), the intensity of light entering under the canopy and its relationship with pasture production was evaluated. In a 18 year old commercial plantation of algarrobo blanco, with silvopastoral management based on implanted pasture (Panicum maximum cv Gatton panic), in Concepción del Bermejo, Chaco Argentina. 6 sampling plots were studied in different stand density trees conditions generated by two thinning. Photosynthetically active radiation (PAR) measurements was made during years 2015, 2016 and 2017 y measurements of pasture production in cages of exclusion during the years 2014 to 2017. The diameter annual growth of the trees was observed that is lower to higher density with values of 1.2 to 0.3cm for densities of 150 to 270 trees / ha. The percentage of PAR that crosses the canopy was 62% in density of 150 trees / ha, and 33% in density of 270 trees / ha, these levels of radiation and tree densities vary the production of pasture from 8000 to 3300 kgMS / ha / year respectively. Silvicultural management with timely thinning and with adequate intensities allows to maximize the timber and forage production to obtain greater benefits from the system. It is recommended to manage the stand at 18 years of age with a density of 150 trees per hectare for the site under study.

Keywords: algarrobo blanco; *Panicum máximum*; afforestation; light.

INTRODUCCIÓN

El algarrobo blanco (*Prosopis alba*) es una de las especies nativas de mayor importancia económica de la provincia del Chaco. Además de ser la más aprovechada en la industria de la madera, es una especie considerada multipropósito por proveer frutos comestibles, aportar forraje para ganadería, y néctar para la actividad apícola. Representa una buena alternativa como componente arbóreo en sistemas silvopastoriles y agroforestales. Los Sistemas Silvopastoriles (SSP), son sistemas de uso de la tierra donde coexisten en la misma unidad productiva la ganadería y la actividad forestal, aprovechando las interacciones positivas y minimizando las negativas que se establecen entre los componentes animal, vegetal y suelo (Carranza y Ledesma 2009). Casi la totalidad de las forestaciones en la provincia corresponden a esta especie (alrededor de 4000 has). En general la mayoría de las plantaciones presentan deficiencias en el manejo silvícola es decir con podas y raleos tardíos o ausencia de raleos, situación que atrasa de manera significativa el crecimiento de las mismas.

Existen estudios que evalúan crecimiento de los árboles en distintas densidades y respuesta al raleo en plantaciones jóvenes (Delvalle et. al. 2008, Atanasio et al., 2014). Otros trabajos que estudian la producción de pastura bajo del dosel arbóreo en plantaciones de algarrobo (Chiossone et. al., 2014). Para realizar un manejo óptimo del sistema silvopastoril se requiere conocer como inciden sobre la producción de sus componentes (madera y forraje), las variaciones en la densidad de árboles cuando se aplican raleos de la plantación. El crecimiento y producción en los sistemas mixtos se ve influenciado por interacción y competencia de los elementos componentes (árbol-pastura) dado que compiten por luz agua y nutrientes. Los estudios de las relaciones de ciertas variables entre estos componentes permiten ajustar el manejo para hacer más eficiente la producción del sistema.

El presente trabajo tiene por objeto evaluar el crecimiento de un rodal implantado de algarrobo blanco en combinación con Gatton panic, la intensidad de luz que ingresa bajo el dosel y su relación con la producción de pastura.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en una forestación comercial de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) con manejo silvopastoril en base a pastura implantada (*Panicum máximum cv Gatton panic*), ubicada en la Localidad de Concepción del Bermejo, a 26°35'55,93" de Latitud Sur y 60°58'29,92" longitud Oeste, con una precipitación media anual de 800 mm. Los suelos predominantes son de aptitud agrícola, con textura media a pesada, degradados por la agricultura convencional y con problemas de encharcamiento.

En un rodal de 18 años de edad, en cuanto al manejo silvícola recibió 2 raleos suaves (30 % de la densidad de árboles iniciales) y se evidencia prácticas de poda tardía, por las cicatrices de corte en ramas gruesas (más de 10cm de diámetro). Se estudiaron 6 parcelas permanentes, de tamaño rectangular con una superficie de 1000 m². sobre el mismo lugar donde se efectuaron mediciones periódicas de producción de pastura durante los años 2014 a 2017, en jaulas de exclusión de 1,5 m de altura y 1 m² de superficie, donde se realizaron cortes del material acumulado, por encima de los 15 cm de altura, en marco de 0,25 m², secado en estufa a 65°C con ventilación forzada hasta obtener peso seco. Las variables dasométricas medidas fueron: DAP (diámetro a la altura del pecho), altura de fuste, altura total y radios de copa. Las mediciones dasométricas se llevaron a cabo en los años 2015, 2016 y 2017, para lo cual se numeraron los árboles y se marcó el punto donde se midió el DAP. La altura total se midió con clinómetro SUNNTO, altura de fuste con vara telescópica y el DAP con cinta dendrométrica de acero. La variable área basal (G), se calculó de la siguiente manera: $G (m^2/ha) = [\sum gi(m^2)].10000/sp(m^2)$, donde gi (sección individual) = $\pi/4.DAP^2$ y sp = superficie de parcela. Se efectuaron mediciones de RFA (radiación fotosintéticamente activa, longitud de onda 400 a 700 nanómetros) con septómetro, en unidades de ($\mu mol m^{-2} s^{-1}$). En cada parcela se tomaron tres

repeticiones de series de 10 lecturas sobre línea de plantas y 3 repeticiones de series de 10 lecturas entre las líneas de plantas más 30 lecturas a cielo abierto, en puntos cada 3 m de distancia entre sí. La densidad de árboles (N), que expresa la cantidad de árboles por hectárea se calculó mediante la expresión: $N = n.10000/sp(m^2)$, donde n es el número árboles de la parcela.

Con los datos medidos se realizó un análisis descriptivo del rodal, y un estudio comparativo entre parcelas permanentes, empleando las distintas variables dendrométricas: DAP, altura total, AB, estimaciones de producción maderable en términos de volumen de fuste y volumen total. Se Calculó el incremento corriente anual de diámetro (ICA) a través de las mediciones sucesivas del DAP. Mediante el análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de LSD de Fisher, se evaluó RFA para detectar si existen diferencias significativas entre puntos de medición (sobre líneas & entre líneas de plantación). Se analizó de manera gráfica la relación entre las variables de densidad y área basal con RFA, porcentaje de RFA bajo dosel con respecto cielo abierto y producción de pastura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características del rodal

En la siguiente tabla se observa que la densidad media del rodal es de 202 plantas/has y varía de 150 a 270 plantas/ha, el diámetro medio del rodal es de 22,9 cm, variando de 20,2 a 25,3 cm entre las parcelas de distintas densidades con valores más altos en las parcelas de densidades bajas. El volumen total es superior en las parcelas con mayor densidad por la cantidad de individuos por hectárea, pero presentan diámetros inferiores (Tabla:1)

Tabla 1: Características de las parcelas a los 18 años de edad del rodal.

Parcela	Densidad (Arb/ha)	DAP (cm)	Altura total (m)	AB (m ² /ha)	Vol. Fuste (m ³ /ha)	Vol. Total (m ³ /ha)
2	150	24,5	8,9	6,9	17,5	29,4
3	150	25,3	8,3	7,2	17,3	30,6
6	190	23,1	8,2	8	17,7	33,6
4	210	23,2	10,1	9,3	20,5	39,1
1	240	20,2	8,3	8	19,4	32,5
5	270	20,8	8,5	9,5	18,2	39,4
promedio	202	22,9	8,7	8,2	18,4	34,1

Crecimiento del diámetro.

El crecimiento del diámetro observado a través de las mediciones consecutivas muestra que hay incremento corriente anual superior a 1 cm solo en las parcelas con 150 plantas por hectárea. Para densidades de 240 y 270 plantas/hectárea los incrementos fueron de 5,3 mm y 2,9 mm respectivamente, lo cual indica un estancamiento del crecimiento por el efecto de la competencia en las parcelas con mayor densidad. Esta tendencia se observa en la figura 1; tanto para el ICA (incremento corriente anual, barras) como para el diámetro medio, (DAP en cm, gráfico de línea). Dos de las parcelas tuvieron un raleo en el año 2016, pasando de tener 250 a 210 pl/ha y de 160 a 150 pl/ha. En concordancia con otros estudios sobre algarrobo blanco, el crecimiento en diámetro se duplica en las densidades bajas (Zárate, 2006; Delvalle et. al. 200 Atanasio et. al 2014).

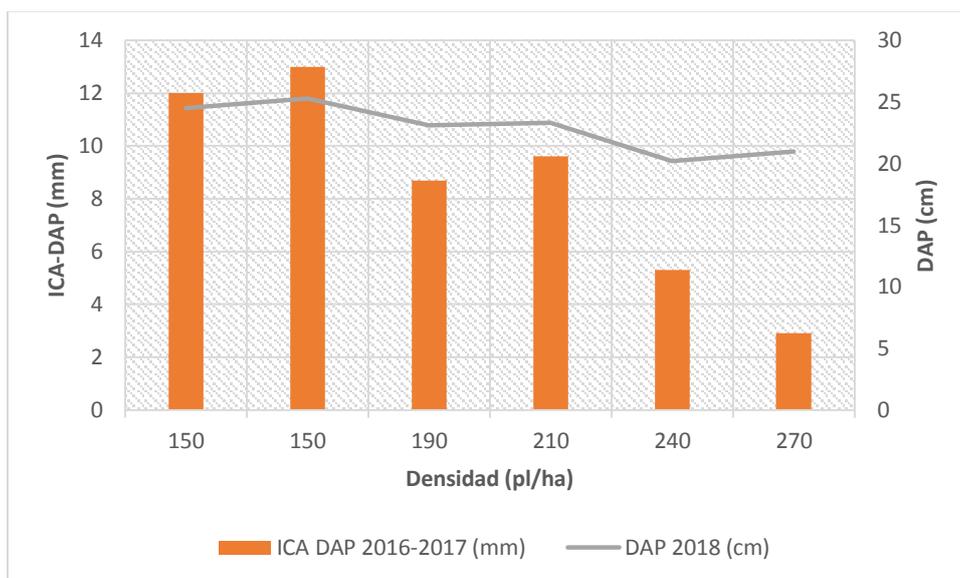


Figura 1: ICA (incremento corriente anual en mm) y diámetro medio en cm.

Radiación fotosintéticamente activa (RFA)

La radiación que es interceptada por la copa de los árboles para la fotosíntesis, varía principalmente con la variación de la cobertura determinada por las diferentes densidades de árboles. Es de suma importancia conocer los niveles RFA que atraviesan el dosel para ser aprovechados por la pastura. El porcentaje de la RFA bajo el dosel arbóreo respecto de cielo abierto tiende a ser menor cuanto mayor es la cobertura arbórea. Los valores de porcentajes de RFA encontrados para diferentes densidades de árboles en dos épocas del año (junio y enero de 2017) se muestran en la figura 2. Con la densidad de 150 árboles, el porcentaje de RFA que atraviesa el dosel fue de 54% en junio y 70% en diciembre. Para densidades que van de 160 a 270 plantas por hectárea el porcentaje de RFA varió entre 30 y 50%. Estudios realizados en especies del género *Pinus* relacionan disponibilidad de RFA con longitud de copa viva citando valores de 50% o más, para longitudes de copa viva de 1,2 a 1,8 km.ha⁻¹ (Colcombet et. al 2009).

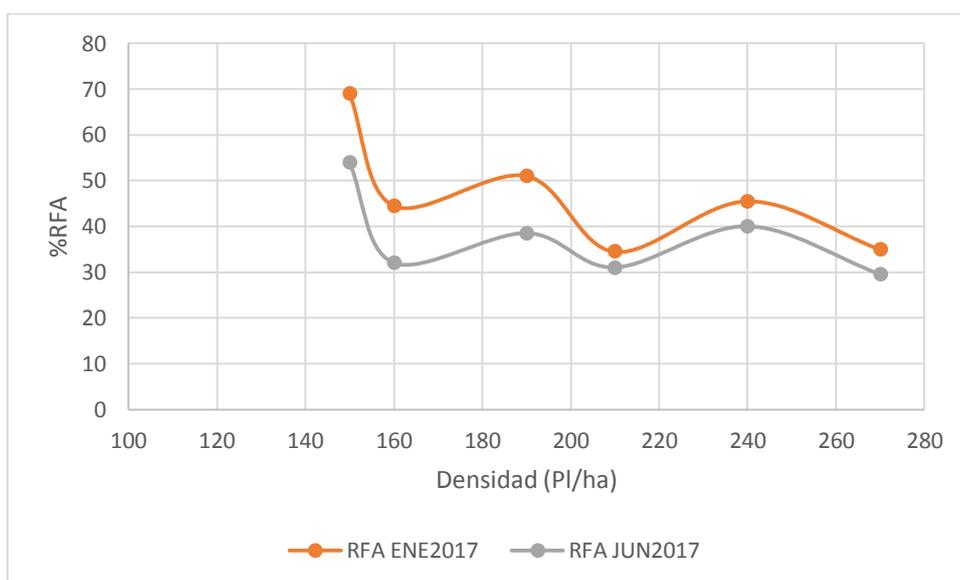
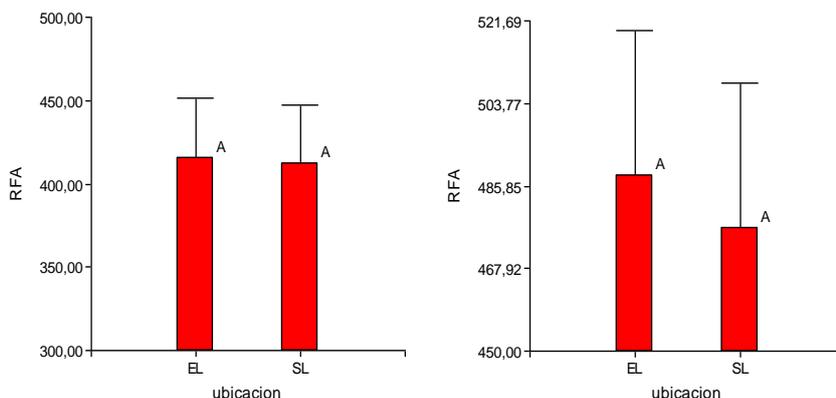


Figura 2: Porcentajes de RFA respecto a cielo abierto.

Respecto a la variación de RFA según la posición de las mediciones (entre líneas de plantación o sobre línea), no hubo diferencias estadísticas significativas (figuras 3 y 4). Esto puede ser atribuido a que la distancia entre los árboles perdió la regularidad con los raleos y además porque áreas donde no se raleó el sombreado es similar en ambas posiciones de medición por la escasa diferencia entre líneas o árboles como para afectar el sombreado. Se observaron valores muy bajos de RFA cerca del tronco de cada árbol (sombreado alto) y valores muy altos de radiación en los espacios dejados por el raleo (plena luz).



Figuras 3 y 4: valores de RFA según posición, EL (entre línea) SL (sobre línea). Letras distintas sobre las barras del gráfico indican diferencias significativas.

Se encontró una disminución del porcentaje RFA bajo el dosel respecto a cielo abierto, a medida que es mayor el área basal (figura 5). Si bien el ajuste hallado es bueno es recomendable un análisis más minucioso con mayor volumen de datos y la evaluación de diferentes modelos para hallar una ecuación con mayor capacidad predictiva. El área basal se emplea como un indicador de cobertura, se calcula a partir de diámetro de los árboles e interviene en el cálculo de volumen de madera. El valor de área basal varía en proporción a la intensidad de las intervenciones de raleo, por lo tanto, es importante el conocimiento de la relación del área basal con la RFA para ajustar las decisiones de manejo del rodal.

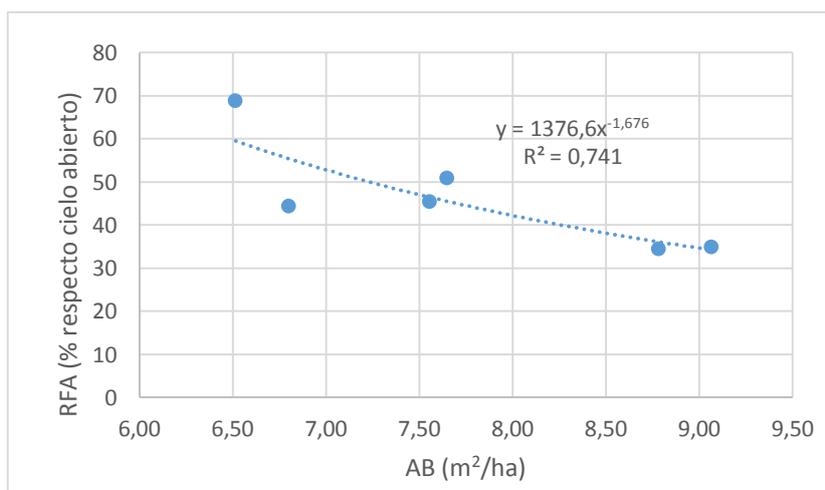


Figura 5: relación entre área basal y % de RFA (enero de 2017).

Producción de pastura

En la figura 6 se muestran los valores de producción promedio anual de la pastura (barras azules), medido en las jaulas situadas en las parcelas de distintas densidades de árboles y los porcentajes de radiación medido en las distintas parcelas (línea amarilla). Se observa una tendencia donde la cantidad de materia seca producida en la pastura cae considerablemente en las parcelas con mayor densidad de árboles y menor porcentaje de RFA, aunque con algunas variaciones que pueden estar asociadas a la calidad del suelo y a la intercepción de precipitaciones por el dosel. La intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por parte de las copas de los árboles, es mayor en las parcelas con mayores densidades, lo cual limita la producción de la pastura bajo el dosel porque recibe bajos porcentajes de radiación. La producción promedio para la zona, según Chiossone et. al (2014), es de 8276 KgMS/ha.año, entre las Localidades de Avia Terai, Concepción del Bermejo y Pampa del Infierno, presentando un amplio rango de variabilidad asociado a las variaciones de precipitaciones, calidad de suelo, incidencia de luz. La incidencia de la cobertura arbórea sobre la producción de forrajera de pasturas y pastizales fue estudiada por diversos autores en diferentes regiones del mundo, coincidiendo la gran mayoría que hay una disminución significativa de la producción forrajera en la medida que aumenta la cobertura. (De Andrade et. al 2004; Ledesma et. al 2012; Peri P. 2011)

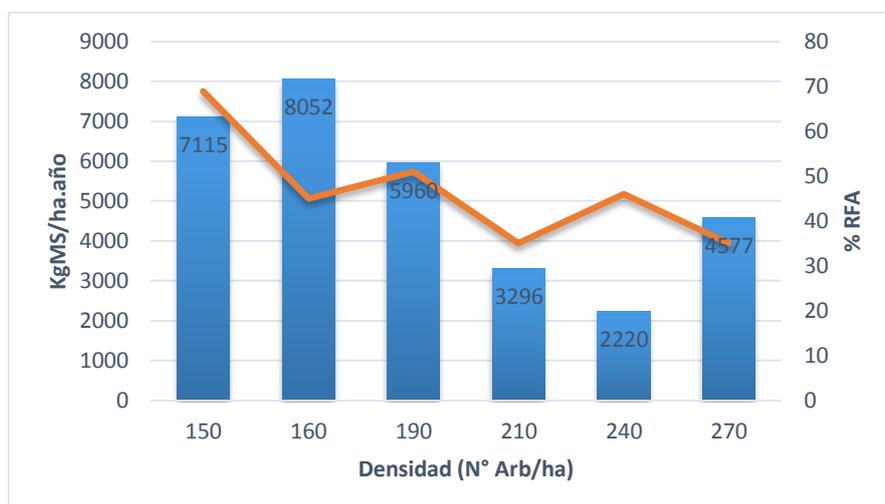


Figura 6: producción de pastura (promedio anual) en barras azules y % de RFA según parcelas de densidades de árboles en línea amarilla.

Estimación de la producción maderable

Analizando el crecimiento medido en las parcelas de distintas densidades se estimó la producción maderable al turno de corta en 25 años para las distintas densidades de parcela. En caso de que no se practique un raleo, el diámetro medio y volumen serán afectados negativamente por la disminución del crecimiento como consecuencia de la competencia. En las parcelas de densidades más altas, (240 a 270 árb/ha), el diámetro medio se ubica entre 20 y 25 cm, y el volumen de fuste va de 21 a 26 m³/ha. Las parcelas que tienen menor densidad se ven favorecidas en el crecimiento llegando a producir mayor volumen de fuste (30 a 35 m³/ha), con árboles más gruesos de 30 a 35 cm de diámetro.

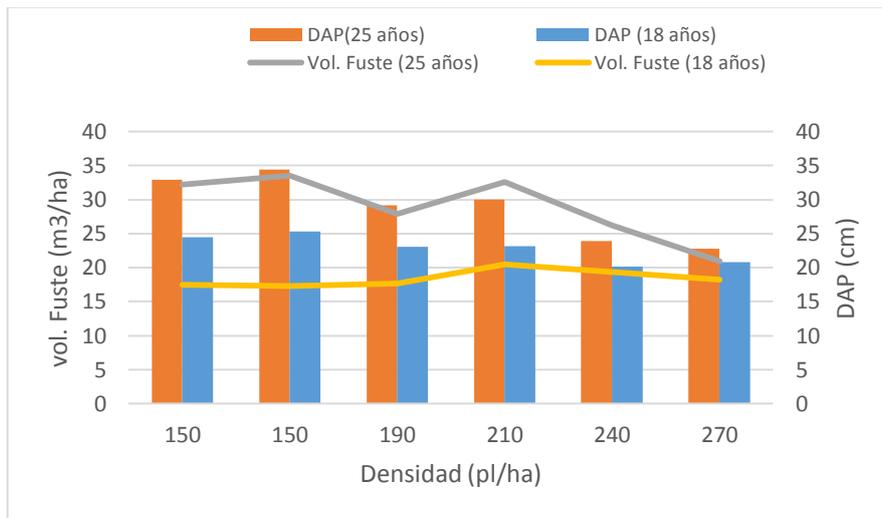


Figura 7: DAP medio y volumen de fuste a los 18 y 25 años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rodal evaluado presenta áreas con alta densidad (210 a 270 árboles por ha) lo que influye negativamente en el crecimiento de los árboles por efecto de la competencia, además afecta la producción forrajera por la reducción del porcentaje de radiación fotosintéticamente activa que ingresa disponible para la pastura.

La conducción silvícola con raleos oportunos y con intensidades adecuadas es fundamental para aprovechar al máximo el potencial del sitio para la producción maderable. En este caso, con el uso silvopastoril, se precisa ajustar el manejo de la densidad arbórea para favorecer también la producción de pastura y obtener mayores beneficios del sistema.

Se recomienda ajustar la densidad de este rodal mediante raleo, de manera que la misma sea de 150 árboles por hectárea, que se visualiza como óptima para la edad y condición de sitio en que se encuentra.

Agradecimientos

A la familia Arriartúa por permitir realizar las mediciones y a la buena predisposición en colaboración con las investigaciones del INTA.



Imagen 1: Parcela con alta densidad

Bibliografía

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. Poster (595.16-P-Atanasio) y trabajo extendido (595.15-TE-Atanasio).

Carranza, C.A. y Ledesma, M., 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial, Buenos Aires, Argentina, 18-23 octubre.

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* (Hoschst) Stapf y *Axonopus catarinensis* 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.

De Andrade Soares, C., M., Valentin Ferreira, J., Da Costa Carneiro, J. y Vaz, F.A., 2004. Crecimiento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais so sombreamento. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 39, (3), 263-27.

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

Kees, S.M., Chiossone, J.L., Michela, J.F., Viccini, R., Skoko, J.J., 2015. Contribución al conocimiento del ingreso bruto de un sistema silvopastoril en la provincia del Chaco. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales. Iguazú Misiones. Pp 403 a 407.

Ledesma, R., Kunst, C., Radriazani, A., Godoy, J., 2012. Crecimiento y productividad de dos gramíneas bajo la cobertura de *Prosopis nigra* Griseb. 2° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Interacciones ecológicas entre componentes de los SSP. Santiago del Estero Argentina. Pp 259-264.

Peri, P. 2011. Sistemas silvopastoriles en bosques de *Nothofagus antarctica*, revisión del conocimiento actual en Patagonia Sur, Argentina. Ciencia e Investigación Forestal - Instituto Forestal Chile. Volumen 17 N° 2.

Zárate, M.H., 2006. 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.