

# *Prosopis alba*, alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas

Cisneros A. B.<sup>1</sup> y J. G. Moglia<sup>1</sup>



## Introducción

Entre las numerosas especies el género *Prosopis*, se destaca, *Prosopis alba* como forestal nativa de gran importancia en las Regiones semiáridas Argentinas (Giménez, *et al.* 2001). Se distribuye en aproximadamente 23.000.000 has de bosques nativos de la Región Chaqueña, es dominante en áreas bajas y paleo causes que ocupan un 10 % de la superficie de la región, en las provincias de Chaco y Formosa, donde se concentra el 80 % de extracción de madera de algarrobo (Verga, 2005).

Comercialmente es muy valorada por su madera, alto contenido en proteínas y azúcares de sus frutos, usados para alimento humano y forraje en poblaciones locales (Fagg y Stewart, 1994; Giménez *et al.*, 1998; Giménez, 2001; Felker y Guevara, 2003; Juárez de Galíndez *et al.*, 2005; Juárez de Galíndez *et al.*; 2008; Ewens y Felker, 2010; Scambato *et al.*, 2011). El uso extendido en la industria del mueble, se debe a las excelentes propiedades físico-mecánicas de su madera: muy estable, densa y de baja contracción volumétrica (Turc and Cutter, 1984; Araujo *et al.*, 2003).

En este marco, se iniciaron proyectos de domesticación del algarrobo e identificación de fuentes de semilla mediante manejo de áreas de rodales semilleros de *Prosopis alba* que permitan obtener material selecto de algarrobo para la instalación de forestaciones. La existencia de materiales caracterizados desde el punto de vista genético, que además representan distintos tipos morfológicos y ecológicos de la especie, posibilita la realización de un estudio detallado sobre la distribución de la variación de los principales caracteres de calidad de madera y aspectos morfométricos en el algarrobo blanco con posibilidades de aplicación inmediatas.

---

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: cisnerosba@gmail.com

### Antecedentes sobre experimentación con *P. alba*.

Los conocimientos sobre la conservación y uso de las especies del género *Prosopis* en la Región no son suficientes. Sin embargo, la creciente demanda de información fue acompañada con el establecimiento de ensayos genéticos y de manejo.

Se establecieron desde de 1950 ensayos de manejo a partir de distanciamiento con *P. alba* y *P. nigra*, en la Estación Experimental Fernández (ex IFONA), Santiago del Estero, con el objetivo de mejorar la forma del fuste. A partir de un Proyecto de Investigación Aplicada (PIA) financiados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación de la Nación (SAGPyA-BIRF) con participación del INTA, la Universidad Católica de Santiago del Estero (UCSE), organismos provinciales y la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), fueron establecidos 3 ensayos de poda para mejorar la forma y la productividad de los ejemplares.

También se realizaron investigaciones sobre crecimiento, arquitectura, y anatomía de madera en rodales nativos de los algarrobos blanco y negro (Giménez *et al.* 1998, Juárez de Galíndez *et al.* 2008; Giménez *et al.*, 2001,) y en rodales semilleros selectos con vistas a seleccionar las futuras fuentes de semilla para usos sólidos (Moglia *et al.*, 2014)

Los trabajos sobre sanidad en *Prosopis* abarcan identificación de insectos que taladran la madera del algarrobo, la identificación y control de insectos productores de agallas en vivero y plantaciones de *Prosopis alba* (Carabajal y Fiorentino, 2006; Carabajal, 2009).

En el Departamento de Industrias Forestales de la Facultad de Recursos Naturales de la UNaF, se efectuaron ensayos de elaboración de briquetas de aserrín y/o virutas, para la obtención de productos alternativos de diferentes especies del género *Prosopis*, especialmente de *P. alba* Griseb. La Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE, también efectuaron estudios de curva de sorción y contracción en algarrobo blanco, (Turc and Cutter, 1984)

Por otro lado la Cátedra de Sistemática Forestal de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales de la UNaF ha realizado estudios taxonómicos y fenológicos de las especies del género *Prosopis* de importancia forestal en la Provincia de Formosa.

A través del Programa de Inventario Forestal de la Provincia, el Convenio con la Agencia Internacional del Japón (JICA), y el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas) de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se conoce la distribución de las especies del género *Prosopis* dentro de la Provincia de Formosa, (Verga, 2005).

Actualmente son numerosos los estudios y ensayos genéticos que se vienen realizando, los que se mencionan fueron extraídos de “*Más árboles para más forestadores?*” (López, 2005):

- En el establecimiento del Banco de Germoplasma y de ensayos de procedencias y progenies dentro del Programa de Conservación y Mejoramiento de especies nativas del género *Prosopis* en la República Argentina, fue llevado a cabo por un convenio entre el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá, el ex IFONA y el IADIZA, participó además la UNSE. De allí se

cuenta con un ensayo se orígenes y progenies de 57 familias de polinización abierta de *P. alba* establecido en Santiago del Estero, en el año 1990. Los resultados permitieron discriminar las diferencias de productividad entre los orígenes cosechados y las perspectivas de ganancia genética por selección entre y dentro de las familias ensayadas (Felker *et al.* 2001; López, 2005; Ledesma *et al.*, 2008).

- Desde 1998 la UNSE efectuó nuevas selecciones de productividad y forma sobre el cauce del Río Dulce con aportes de la SAGPyA-BIRF a través de un Proyecto de Investigación Aplicada (PIA) que generaron 2 ensayos con 25 y 35 familias de progenies de polinización de *P. alba* abierta para evaluar el mérito genético de las familias (López, 2000; López, 2005).
- La Estación Experimental Fernández y la Dirección General de Protección de los Recursos Naturales de la provincia de Santiago del Estero, encaminaron un programa de propagación agámica, dentro del género *Prosopis*, para establecer un huerto semillero clonal con los genotipos selectos, por el sabor dulce de las vainas entre los mejores árboles de las mejores familias en altura y diámetro de los ensayos de progenies disponibles. Actualmente, se cuenta con la técnica de injerto ajustada y una docena de clones logrados (Ewens y Felker 2003, López, 2005).
- Desde el año 1989, la Facultad de Recursos Naturales de la UNaF en la cátedra de Fisiología Vegetal se desarrollan programas de mejoramiento genético, para de obtención de plantas de las principales especies de género *Prosopis* (*P. alba* Griseb; *P. nigra* Hieron y *P. hassleri* Harms) a través de técnicas no convencionales (López, 2005). Se han obtenido protocolos de cultivo in vitro, a partir de segmentos nodales provenientes de árboles adultos de *P. alba* Griseb. Dentro del proyecto de investigación que involucra a técnicos de la UNaF y Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA), Churriana, Malaga (España) de acodos aéreos a partir de árboles adultos (Castillo de Meier y Barceló Muñoz, 2002, Vega *et al.*, 2002)
- A partir el año 2001, se realizan estudios para la creación de marcadores moleculares, a través de la técnica de Fragmentos Polimórficos de ADN Amplificados al Azar (RAPDs) con el fin de realizar la caracterización molecular, en ejemplares híbridos del género, que habitan la Región del Chaco Húmedo, en el marco de un proyecto de cooperación internacional entre el Instituto de Agricultura Sostenible de la Provincia de Córdoba, España y técnicos de la UNaF. (López, 2005).

Todos estos estudios, son tendientes a captar la variabilidad natural de *Prosopis alba* y demostrar la existencia de materiales caracterizados desde el punto de vista genético, que además, representan distintos tipos morfológicos y ecológicos de la especie.

Esto posibilita la realización de un estudio detallado sobre la distribución de la variación de los principales caracteres de calidad de madera en el algarrobo blanco con posibilidades de aplicación inmediatas. El proyecto **Evaluación de la calidad de madera de *Prosopis alba*, en rodales semilleros** (Moglia *et al.*, 2014) permitió caracterizar la calidad de la madera 3 rodales semilleros diferentes hasta el momento.

El Programa Nacional del Algarrobo, declarado por Resolución 244/2013 y la ley 25080, promueve plantaciones con especies del género *Prosopis*, tiene por objetivo coordinar y potenciar políticas estatales e iniciativas privadas, que promuevan sistemas productivos con criterios de sustentabilidad.

Estos lineamientos gubernamentales, proponen el establecimiento de plantaciones forestales de algarrobo, la promoción de actividades de enriquecimiento y de esquemas productivos silvopastoriles; la promoción de prácticas silviculturales sustentables que generen un incremento sustantivo de la oferta de madera rolliza y garanticen la continuidad de la oferta de materia prima para las pequeñas industrias de la madera.

## 1. *Prosopis alba* Griseb. y sus particularidades

El género *Prosopis* se encuentra ampliamente distribuido en distintas regiones tanto del viejo como del nuevo mundo (Fagg y Stewart, 1994). Estos autores definen 44 especies, de las cuales 4 se encuentran en la región oriental de Asia y África como: *Prosopis africana*, *Prosopis cineraria* (L.) Druce, *Prosopis farcta* (Solander ex. Russell) y *Prosopis koelziana* Burkart, las tres últimas son nativas de Pakistán.

América con 40 Sp de *Prosopis* tiene dos centros de diversidad; el principal con 32 especies, se encuentra en Argentina, Chile y Paraguay y el otro con 7 especies, en México y el Sur de los EE.UU (llamados comúnmente mezquites); únicamente *Prosopis juliflora* es nativa del Centroamérica (Fagg y Stewart, 1994).

En la Argentina vegetan 28 especies de *Prosopis*, distribuidos especialmente en ambientes áridos y semiáridos y ocupan el 70 % de la superficie casi todo el territorio argentino (López, 2005) *Prosopis alba* es muy abundante en la zona centro y norte del país, en las provincias fitogeográficas del Chaco, Espinal y del Monte (Ledesma *et al.*, 2008). Se encuentra en proximidades a los ríos, en los bordes de las represas, o en cinturones boscosos alrededor de depresiones salinas (Gimenez *et al.*, 2001). De acuerdo a las investigaciones de Villagra *et al.* (2009) en las zonas áridas con precipitaciones <350 mm, especies de *Prosopis* no pueden crecer independientemente de una capa freática accesible.

## 2. ¿Cuáles son los servicios que brindan los algarrobos?

Desde tiempos históricos el hombre utilizó el *Prosopis alba* en diversos usos cotidianos (Villagra and Morales, 2003; Frags y Stwart, 1993) siendo una especie multipropósito para forraje, alimento humano, leña, carbón, madera, tintóreo (López, 2005; Giménez *et al.*, 2001; Guerrero Maldonado, 2008; Di Marco, 2013).

Esta especie brinda servicios indirectos como: moderar las temperaturas extremas, disminución de la evapotranspiración, el amortiguamiento y redistribución en la caída de las precipitaciones, incremento de la fertilidad de suelos por acumulación de nutrientes; los

efectos físicos del mantillo en la estructura del suelo, mejorando capacidad de aire y agua; la provisión de perchas para el asentamiento de aves dispersoras de frutos de otras especies (Villagra, 2000). En función de sus características de crecimiento tienen potencial para ser usadas en la restauración de áreas degradadas y pueden catalizar el desarrollo de nuevos sistemas de producción en los ecosistemas áridos argentinos (López, 2005; Taleisnik y López Launestein, 2011).

En sistemas productivos, la copa del algarrobo blanco, ofrece sombra para el ganado. Ocampo (2011) sostiene que la reducción en la temperatura bajo el dosel de copas, reduce la carga calórica de los animales, con lo que se aumenta la productividad animal; generando implicancias directas sobre el conducta, la reproducción y la sobrevivencia de los animales, tales como: “*disminución en los requerimientos de agua, incremento en la eficiencia de conversión alimenticia; mejora en ganancia de peso y producción de leche; pubertad más temprana; mayor fertilidad; regularidad en los ciclos estrales; alargamiento de la vida reproductiva útil y reducción de la tasa de mortalidad de animales jóvenes.*”

En el Chaco Semiárido, según Grulke (1994), la productividad de carne animal, habitualmente no supera tres kg de peso vivo por hectárea y año, por lo que la sombra generada por esta especie, sumado al alto contenido de carbohidratos y proteínas en sus vainas (Prokopiuk, 2010), podría contribuir a aumentar la eficiencia en la producción de carne.

Un clásico ejemplo de la utilización de los algarrobos por poblaciones humanas lo constituye las poblaciones de Huarpes, en la Provincia de Mendoza que de acuerdo a (Villagra, 2000) se instalaban en los lugares donde vegetaban los algarrobos.

Las poblaciones locales de la Región también lo utilizaron desde hace tiempo y aun hoy utilizan actualmente para alimentación humana y forraje. Los alimentos como el patay (pan de algarroba) provenientes de distintas especies de *Prosopis* (*P. nigra*, *P. ruscifolia*, *P. alba*), aloja (bebida alcohólica), añapa, derivados de harina de algarroba, se consumen desde hace mucho tiempo por pobladores en distintos parajes (Santa Rosa, El Corrido, Las Cuatro Esquina, Río Muerto, La Unión, El Aybal, Nueva esperanza, Santos Lugares) en los Dptos. Copo, Alberdi, Pellegrini en Santiago del Estero (observación personal).

En Argentina más del 60 % de los muebles de algarrobo son elaborados con madera de *Prosopis alba*, siendo la especie de mayor importancia económica dentro del género (Giménez *et al.*, 1998). La madera para todos estos usos proviene mayormente del monte nativo, donde la explotación forestal tradicional por parte del obraje y la expansión de la frontera agrícola llevó al reemplazo de muchas formaciones naturales por cultivos agrícolas (López, 2000; López 2005; SAyDS, 2008; Mónaco, 2015). Se estima que *P. alba* proporcionó más de 100.000 toneladas de madera anuales en la Provincia del Chaco, Argentina (Ewens y Felker, 2010; Di Marco, 2013). Todo esto condujo a un fuerte deterioro de estos recursos y el ambiente donde se desarrollaban (López, 2000).

Es por ello que en la Argentina y países limítrofes comenzaron a realizarse experiencias sobre cultivo de especies de *Prosopis* y sobre diversos modos de propagación (Galera, 2000; Galera & Arias, 2003; Prosobo, 2007) dada la necesidad de dirigir los esfuerzos hacia el desarrollo y domesticación de especies leñosas que aumenten la sustentabilidad de los sistemas productivos y que permitan recuperar áreas degradadas (Verga, 2000), con el fin de revertir el agotamiento del recurso.

En este contexto, se entiende entonces la necesidad de conocer todos los aspectos atinentes a la forma crecimiento y caracterización de las poblaciones de *Prosopis alba*.

En efecto para un manejo silvicultural correcto es preciso el conocimiento de la forma y el modelo arquitectónico que caracteriza a la especie, pues del modelo arquitectónico dependerá la producción de un tronco recto sin gran cantidad de ramas (Seitz, 1995 citado por Moglia y Giménez 2006). En especies con crecimiento del meristema apical plagiotropo (que crece horizontalmente) como el caso del algarrobo, la producción de un tronco depende esencialmente del ambiente donde se encuentra el árbol. El tronco formado será más corto si hay espacio suficiente para que la copa se expanda. Para que esto suceda debe haber una presión lateral (sombra) que inhiba el crecimiento plagiótropo. En este caso la producción de un buen fuste no sólo dependerá de la poda, sino del ambiente. En el caso de especies cuyo meristema apical es ortótropo, la poda mejorará este modelo arquitectónico valorizando el fuste (Seitz, 1995 citado por Moglia y Giménez 2006). Por lo tanto el análisis del modelo arquitectónico de cada especie ayuda a definir las estrategias para la producción de fustes de buena calidad (Moglia y Giménez, 2006).

El concepto de arquitectura vegetal incluye la idea de “forma” de una planta (Hallé *et al.* 1978 citado por Moglia y Giménez, 2006) y su objetivo es dar una aproximación global y dinámica de su crecimiento. Entre ellos, se encuentran el estudio de las copas de los árboles. Los algarrobos se caracterizan por ser árboles longevos y en edades muy avanzadas presentan portes de gran tamaño, con copas que superan los 10 m de diámetro y alturas que los posicionan como árboles dominantes en el estrato secundario de la región chaqueña (Bender *et al.*, 2015).

### ***La copa del algarrobo***

En el presente capítulo se presentan estudios complementarios referidos a los índices (diámetro de los árboles y radio de copa): DAP/RMC y el Índice de vulnerabilidad del leño.

La copa es uno de los principales componentes de la producción primaria en los árboles y sus dimensiones reflejan el vigor de los individuos (Laguna *et al.*, 2008). La tasa de producción de madera de un bosque depende del tamaño y el funcionamiento de copas de los árboles. Las prácticas silvícolas más utilizadas tales como podas influyen directamente en el tamaño de la copa en los *Prosopis* (Álvarez *et al.*, 2013).

*Prosopis alba* se caracteriza por tener copas redondeadas muy extendidas lateralmente cuando crecen aislados, con valores de forma de copa promedio para diámetros entre 20-88 cm de 1.75 (Cisneros y Moglia, 2016).

Laguna Rodríguez *et al.* (2008), mencionan que la capacidad de protección o recuperación de los suelos, depende de la velocidad con la que se logre la cobertura de árboles, ya que al aumentar la cobertura de la copa, se reduce el impacto de la lluvia y otros agente erosivos sobre el suelo, se aumenta la captación de radiación solar y por ende la producción primaria. Estos procesos permiten generar un microclima propicio para agentes bióticos.

Las dimensiones como el radio de copa y el diámetro de los árboles, merecen especial atención. Lockhart *et al.* (2005), afirman que el índice DAP/radio medio de copa (RMC) es

una medida de la eficiencia de un árbol para acumular DAP por unidad de área de la copa. Cuanto mayor sea esta relación, más eficiente es un árbol en la acumulación de DAP. Hasta el momento no se estudió este índice en *Prosopis alba*, sería de vital importancia conocer estos aspectos, esto sobre todo cuando se pretenden instalar sistemas productivos, hacer enriquecimiento con algarrobo, o recuperar suelos degradados en el marco de leyes que fomentan su implantación ley 25.080.

**Material de estudio**

En el período de 2012-2016 se muestrearon 100 árboles, de *P. alba*, en la región fitogeográfica del Chaco (Figura 1 y 2), correspondiente a las provincias de Santiago del Estero, Chaco y Formosa (Tabla 1). Se seleccionaron individuos con copas dominantes y co-dominantes. En cada ejemplar se midió el DAP, la altura total, altura de fuste y 8 radios de copa. También se midió la proyección horizontal de 8 radios de copa, con el método de ángulo fijo, (Giménez *et al.*, 2001). El objetivo de este estudio fue determinar el índice DAP/ radio medio de copa propuesto por Lockhart *et al.* (2005).

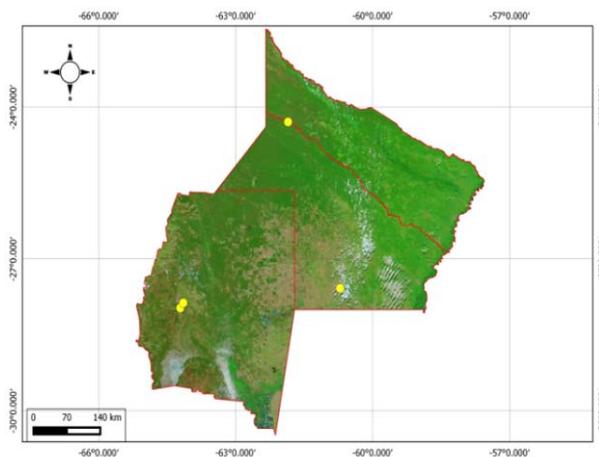
**Tabla 1.** Sitios de muestreo con el tipo de clima, elevación, latitud y longitud

Provincia	Latitud	Longitud	Elevación (m snm)	Precipitación (mm/año)	Clima
Santiago del Estero	27°52'53.84"S	64° 9'23.56"O	176	550-600	Semiárido
Chaco	27°39'36.94"S	60°34'55.16"O	73	1108	Subhúmedo
Formosa	24°17'33.51"S	61°51'14.00"O	179	800	Semiárido

Fuente: elaboración propia.



**Figura 1.** El gran chaco americano  
Fuente: TNC *et al.*, 2005.



**Figura 2.** Sitios de muestreo, Región Chaquena Argentina  
Fuente: elaboración propia.

El índice DAP/RMC indica que en promedio por cada metro de incremento del radio de copa el DAP incrementa 8,01 cm en la provincia del Chaco y 7,64 para la provincia de Santiago del Estero (Figura 4), en tanto Formosa tuvo valores más bajo a estas dos

provincias ya que el DAP se incrementa 5,85 cm por cada metro de incremento en el radio de copa. De acuerdo a estos resultados los ejemplares de las poblaciones de la provincia del Chaco tendrían fenotipos más eficientes en la acumulación de DAP. Al aumentar el radio de copa del árbol, el DAP aumenta en forma proporcional, hasta llegar a un cierto límite.

Estudios efectuados por Lockhart *et al.* (2005) afirman que en *Fraxinus pennsylvanica* Marsh, tuvo valores en este índice de 13,9 prácticamente el doble de lo observado en el estudio de *Prosopis alba*.

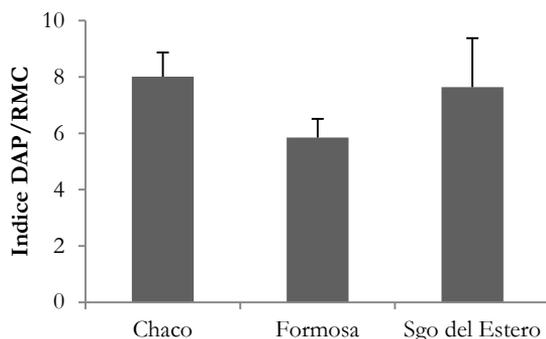


Figura 3. Valores promedios y desvío estándar por sitio del índice DAP/RMC.

Se efectuó un análisis multivariado, de conglomerado (Balzarini *et al* 2008), con las variables morfométricas mencionadas en la Tabla 2, para visualizar que morfotipos se agrupaban entre sí.

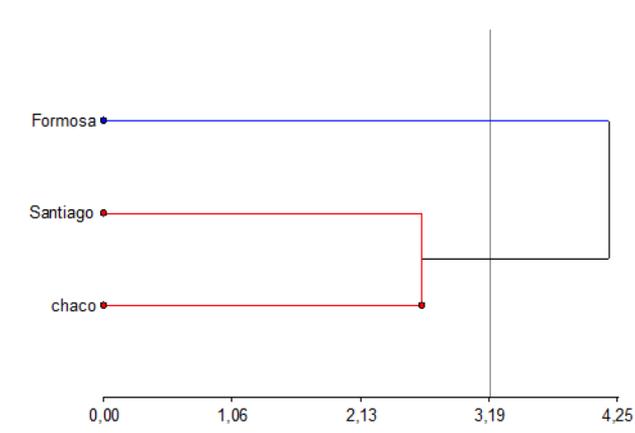
Tabla 2. Medidas de resumen, para las variables dasométricas por sitio

Sitio	Variable	n	Media	CV	Mín.	Máx.
Chaco	DAP (cm)	6	39,265 ± 8,84	22,52	30,60	55,39
	Htotal (m)	6	10,17 ± 2,14	21,02	6,50	12,50
	Hfuste (m)	6	3,37 ± 0,85	25,32	1,70	4,00
	RMC (m)	6	4,94 ± 1,15	23,32	3,61	6,93
	Índice DAP/RMC	6	8,01 ± 0,86	10,77	6,99	9,14
Formosa	DAP (cm)	6	32,3 ± 2,80	8,67	29,80	36,20
	Htotal (m)	6	10,70 ± 0,87	8,11	9,85	12,06
	Hfuste (m)	6	2,43 ± 0,63	25,92	1,95	3,65
	RMC (m)	6	5,55 ± 0,50	9,06	4,69	6,08
	Índice DAP/RMC	6	5,85 ± 0,66	11,36	5,02	6,63
Sgo del Estero	DAP (cm)	88	40,52 ± 15,72	38,80	19,74	88,17
	Htotal (m)	88	9,55 ± 2,28	23,82	5,20	16,40
	Hfuste (m)	88	2,77 ± 1,06	38,22	1,29	6,90
	RMC (m)	88	5,29 ± 1,52	28,83	1,70	8,98
	Índice DAP/RMC	88	7,64 ± 1,74	22,79	4,29	15,17

Donde DAP: diámetro a la altura del pecho; RMC: radio promedio de copa; Índice de DAP/RMC; N: Número de individuos muestreados; Dev. Std.: desvío estándar; Mín.: Mínimo; Máx.: Máximo.

Los resultados del análisis de agrupamiento, permitieron identificar que los individuos de las provincias de Santiago del Estero y el Chaco forman un grupo que difieren de los de Formosa (Figura 4), con un coeficiente de correlación cofenética = 0,962. Un agrupamiento morfológico similar al encontrado en este estudio, fue encontrado por Verga *et al.* (2009) en diferentes grupos morfológicos de *P. alba*, en la zona Centro Norte del País.

Este agrupamiento podría deberse a que el algarrobo se comporta como freatófita (Antezana *et al.*, 2000, Villagra *et al.*, 2009), ya que es común verla en márgenes de represas, en los bosques en galería de los ríos, cinturones boscosos alrededor de depresiones salinas (Giménez *et al.*, 1998). Esta característica de la especie, le permitiría en algún grado independizarse de las variaciones de precipitación (Chaco 1200 y Santiago, a 550 mm), al tener asegurado su fuente de agua, no incidan en las dimensiones de los ejemplares de algarrobo blanco. Aunque actualmente hay escasas las evidencias de la conexión directa del algarrobo blanco a la napa freática, hay estudios efectuados por Jobaggy *et al.* (2011), en *P. flexuosa*, donde mediciones isotópicas estables de agua en las plantas indicaron tasas de captación de agua subterránea de 200-300 mm/año.



**Figura 4.** Dendrograma, con los 5 rasgos medidos en los algarrobos blancos, en los tres sitios de muestreo.

Por otro lado se realizó un análisis de regresión entre el DAP y el índice DAP/RMC, donde se probaron los modelos de regresión: lineal, inversa, cuadrática, logarítmica, cubica, compuesta, potencial, curva de S, crecimiento y exponencial. Para selección del modelo de regresión se utilizó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), error cuadrático medio (C Merror), el estadístico F y la significancia de F. En el análisis se usó un nivel de confianza 95 %,  $p \leq 0,05$  para la significancia estadística, se realizó usando el paquete estadístico SPSS. Los resultados obtenidos sugieren el modelo lineal como el más apropiado para estimar el índice DAP/RMC a partir del DAP por tener el mayor  $R^2$ , por ser los coeficientes de la regresión  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  estadísticamente significativos,  $p < 0,0001$ . Existe una relación positiva lineal entre el DAP y el índice (Figura 5). Ya que el DAP explica un 43% de la variación observada en el índice DAP/RMC.

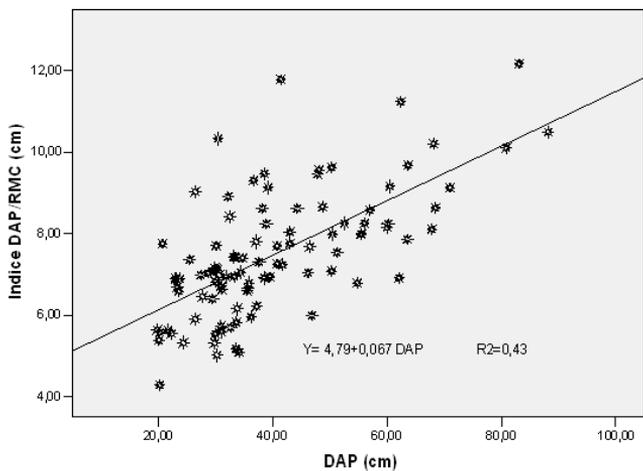


Figura 5. Relación lineal entre DAP y el Índice DAP/RMC



Figura 6. Radios de copa medidos en la localidad del Zanjón, Sgo del Estero



Figura 7. Rodal de *P. alba* integrado con ganado menor en la localidad del Zanjón, Santiago del Estero



Figura 8. Ejemplar de *P. alba* en la localidad de Upianita, Santiago del Estero

Figura 9. ejemplar de *P. alba* en Villa Ángela, Chaco

### 3. El leño del algarrobo y el ambiente. Algunas respuestas desde la eco-anatomía

Existen muchas investigaciones que relacionan las condiciones ambientales y su influencia en los vegetales: en la anatomía foliar, del leño o el crecimiento radial (Hacke and Sperry, 2001; Vilela, 2001, Corcuera *et al.*, 2004, Akkemik *et al.*, 2007, Esposito-Polesi *et al.*, 2011). Estas investigaciones hacen referencia a modificaciones como el espesor de la cutícula, la cantidad de estomas en las hojas, el espesor de los anillos de crecimiento y de las paredes celulares, tipo de parénquima, ancho de las punteaduras intervasculares, porosidad en la membrana de las punteaduras, espesamientos espiralados, el diámetro tangencial en los vasos y la frecuencia de los mismos, tipo de placas de perforación, ajuste osmótico en plantas, son algunos de los rasgos que las investigaciones efectuadas hasta el momento tuvieron en cuenta sobre :anatomía ecológica.

Los árboles y arbustos de *Prosopis* tienen mecanismos que les permite tolerar o evadir el estrés hídrico. Los estudios de Villagra *et al.* (2009) sostiene que una de las estrategias son desarrollar un sistema radical dimórfico extenso con una raíz vertical pivotante de varios metros de longitud y raíces superficiales, que se extienden lateralmente más allá del área ocupada por las copas lo cual facilita el acceso de agua tanto en profundidad como en superficie.

La plasticidad fenotípica, la adaptación local o la combinación de ambas son las respuestas esperadas para su supervivencia (Aitken *et al.*, 2008), esto puede observarse en los estudios efectuados por Antezana *et al.* (2000) en Bolivia quienes demuestran que *Prosopis alba* puede vivir en ambientes con rangos altitudinales que varían de 260 m hasta los 3000 msnm y precipitaciones que van desde los 400 a 800 mm, comportándose en este país como freatófito obligado, estagnófilo facultativo y halófilo facultativo, ocupando suelos Fluvisoles gleico, F. dístico, F. eútricos Gleysoles eútricos, G. dísticos, Solonetz gleicos. Esto demostraría en parte la adaptabilidad a un rango amplio de ambientes.

Villagra (2000) menciona que en Argentina, el género *Prosopis* ha sufrido un proceso adaptativo desde el Chaco subhúmedo hacia zonas más áridas y frías al oeste y al sur. Este proceso ha ocurrido a través de la adquisición de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, como el paso de bioformas arbóreas a arbustivas, reducción foliar, ajuste osmótico, entre otros. Esto hace que la distribución del género abarque una gran variedad de condiciones ambientales, entre las que se pueden destacar dos gradientes muy claros: uno latitudinal de temperatura (más cálido al norte y frío al sur) y uno longitudinal de humedad (más húmedo al este y más seco al oeste).

Al cambiar las condiciones ambientales, también pueden llegar a cambiar rasgos anatómicos del leño en las plantas (Villalba and Boninsegna, 1989) con este supuesto, se trabajó en dos rodales semilleros uno en villa Ángela, Chaco, con mayor precipitación media anual y el otro en Los Arias, Santiago del Estero, de menor precipitación media anual.

En estudios efectuados sobre el hidrosistemas de la especies de la Región Chaqueña Moglia y Giménez 1998) y específicamente *Prosopis alba* (Cisneros y Moglia, 2015), demuestran su importancia sobre todo, cuando se quiere establecer plantaciones con esta especie.

La eficiencia o máxima conductividad de agua como la seguridad en la conducción están fuertemente relacionadas con el diámetro y frecuencia de vasos, observándose que un aumento del diámetro de los poros podría incrementar notablemente la eficiencia en cuanto a conducción, pero al mismo tiempo disminuir la seguridad (Baas and Carlquist, 1985; Moglia y Giménez 1998; Pock Man & Sperry 2000; Moglia y López, 2001; León, 2005).

Estudios anatómicos efectuados por Montaña-Arias *et al.* (2013), evidencian que las especies con elementos traqueales anchos, son más vulnerables a la cavitación provocada por la sequía, que aquellos con conductos estrechos. Lindorf, *et al.* (1994) asegura que la arquitectura hidráulica es solo una forma de las múltiples que existen en las plantas para sobrevivir en situaciones de estrés hídrico.

Carlquist (1977) formuló índices que relacionan la anatomía de la madera con la humedad donde crecen las plantas. Uno de ellos es el índice vulnerabilidad que es igual al diámetro promedio de los elementos de los vasos entre la frecuencia o número de poros por mm<sup>2</sup>. Para un valor mayor a 1 son catalogadas como vulnerables a la cavitación y menores a 1 seguras en la conducción del agua (Baas y Carlquist, 1985; Carlquist, 1977; Parra, 2010). Se compararon rasgos de elementos vasculares (diámetro y frecuencia de poros) para calcular el Índice de Vulnerabilidad (IV) en individuos de *Prosopis alba* Griseb. en dos sitios: Villa Ángela, Chaco y Los Arias Santiago del Estero, con diferentes condiciones ambientales, en la Región Chaqueña Argentina.

**Tabla 3.** Análisis de la Varianza de caracteres anatómicos para sitios y árboles dentro de cada sitio.

Variable Anatómica	p-valor entre arboles	P-valor entre sitios
Índice de vulnerabilidad IV	**	**
Diámetro de vasos (µm)	NS	NS
Frecuencia (vasos/mm <sup>2</sup> )	**	**

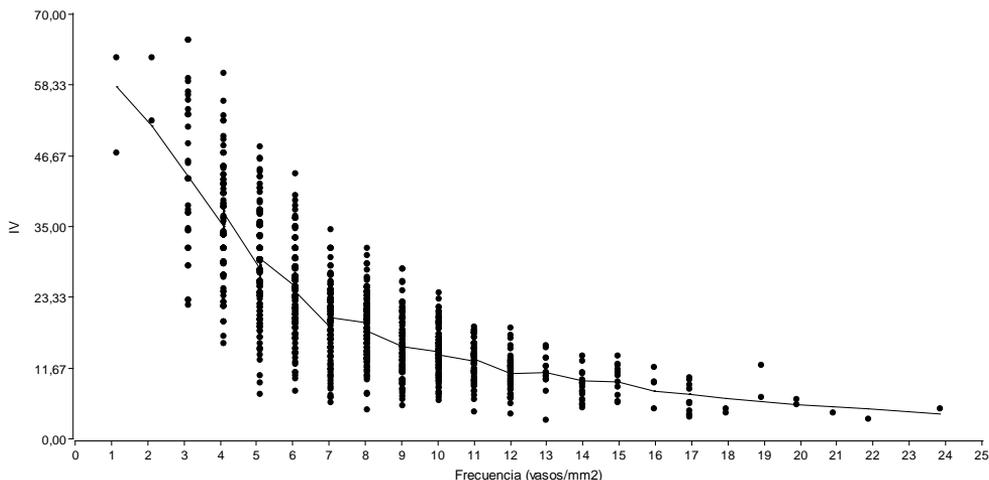
\*\* Indican significancia al 95% de probabilidad, NS (no significativo).

El índice de vulnerabilidad promedio en ambos sitios fue mayor a 1. El valor de vulnerabilidad más alejado de la unidad corresponde al sitio 2, Villa Ángela, Chaco con un valor (IV=22,26) mientras que Los Arias el índice tuvo un valor 8,73. El ANOVA efectuado mostró diferencias estadísticamente significativas en el índice de vulnerabilidad entre árboles de un sitio y entre sitios.

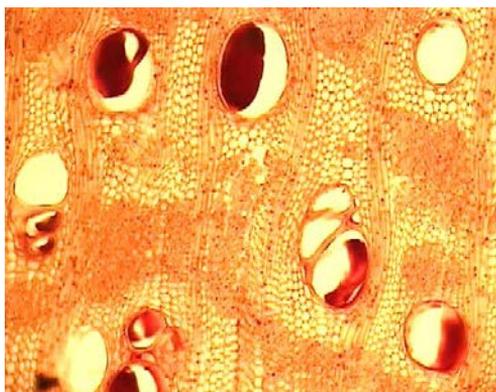
Estos valores indicarían que en ambos sitios la especie tiende a ser eficiente en la conducción de agua a costo de su seguridad, pero para entender estos mecanismos con más certeza entre ambientes e individuos, sería conveniente colocar en el análisis otros aspectos relacionados a presos fisiológicos o adaptaciones de órganos en las plantas.

Estudios similares en la Región Chaqueña Argentina revelaron, en especies de *Prosopis* y *Acacias*, índices de vulnerabilidad relativamente altos (3-5) (Moglia y Giménez, 1998). Otros autores (Lindorf, 1994; León, 2005) en bosques tropicales muy secos de Venezuela, encontraron valores de este índice entre 1,6-93,0 para distintas especies de leguminosas. En tanto, Montaña-Arias *et al.* (2013) basándose en este índice determino que 5 especies de leguminosas estudiadas presentaron poca resistencia al estrés hídrico.

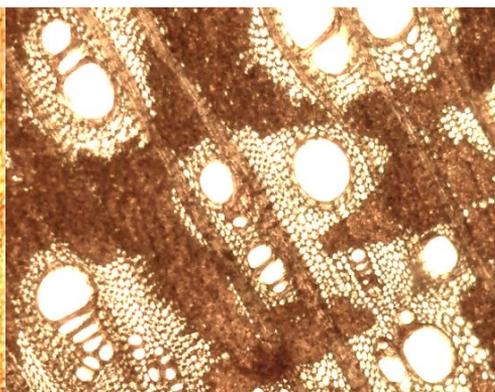
La explicación probable de tener maderas mesomórficas en ambientes semiáridos como en Santiago del Estero podría ser el efecto “mitigante” de la presencia de otros órganos vegetales adaptados al xerofitismo, (Moglia y Giménez, 1998). En este caso podría deberse a raíces freatófitas (Carlquist, 1977; Rury and Dickinson, 1984).



**Figura 10.** Diagrama de dispersión suavizado del índice de vulnerabilidad en función de la frecuencia de vasos.



**Figura 10.** Corte transversal individuo 4, Villa Ángela, Chaco.



**Figura 11.** Corte transversal individuo 2, Los Arias, Santiago del Estero

#### 4. Adaptación a la salinidad

Estudios efectuados por Meloni *et al.* (2004), sobre el efecto del estrés salino en el crecimiento y la acumulación de solutos en plántulas de *Prosopis alba*, señalan que concentraciones muy altas de sales (NaCl) 600 mmol.L-1 reduce la biomasa seca de tallos y raíces en un 65 y 37 % respectivamente, pero incrementos en la salinidad de hasta 300 mmol.L-1 de NaCl no afecta la biomasa de la planta, incrementos del índice parte

radical/parte aérea parecería ser una adaptación a la salinidad, como consecuencia de una mayor eficiencia hídrica y consumo de nutrientes bajo estrés salino (Gorham *et al.*, 1985).

Otros estudios efectuados por Silva *et al.* (2013), establecen umbrales de potenciales hídricos para su germinación, bajo condiciones de estrés salino e hídrico, de -2,2 MPa y 1,9 MPa, respectivamente, siendo el algarrobo blanco más tolerante al estrés salino que hídrico.

Los estudios genéticos relacionados a la adaptabilidad en *P. alba* abordados por Bessega *et al.* (2015), en 15 rasgos cuantitativos de 32 familias de polinización abierta, con 8 orígenes, mostraron que diferencias entre orígenes fueron mayores que las medioambientales y no contribuirían a la diferenciación fenotípica. Estudios similares realizados por Ledesma *et al.* (2008), en 2 orígenes de *Prosopis alba*, encontraron mayor desempeño en volumen aserrable en los orígenes del Chaco respecto a los de Santiago del Estero.

Estudios de biomasa, realizados por Felker *et al.* (1989), en clones de *P. alba*, en el sur semiárido de Texas, encontraron que años de precipitaciones favorables (550 mm), se logró productividades de hasta 20 t/ha de materia seca. Esto refleja en gran medida el potencial de los algarrobos en ambientes con déficit hídrico.

Los numerosos estudios realizados en algarrobo blanco, reafirman la importancia de *P. alba*, un recurso fundamental para zonas semiáridas de Argentina, su variabilidad tanto fenotípica como anatómica, es de gran interés para los programas de mejora genética. Cualidades en su crecimiento, productividad, como así también su tolerancia a distintas condiciones ambientales, son de elevada utilidad para recuperar sitios salinos o degradados.

## Referencias bibliográficas

- Akkemik, Ü.; A. Efe; Z. Kaya and D Demir. 2007. Wood anatomy of endemic Rhamnus species in the Mediterranean Regin of Turkey. *LAWA Journal*, Vol. 28 (3) 2: 301-310
- Antezana, C.; M. Atahuachi; S. Arrázola; E. Fernandez y G. Navarro. 2000. Ecología y biogeografía del género *Prosopis* (Mimosaceae) en Bolivia. *Rev. Bol. Ecol.* 8 (1): 25-36.
- Alvarez, J. A.; P. E. Villagra; R. Villalba; G. Debandi. Effects of the pruning intensity and tree size on multi-stemmed *Prosopis flexuosa* trees in the Central Monte, Argentina. *Forest Ecology and Management* 310: 857-864.
- Araujo, P. A.; A. Remacha Gete; J. C. Medina y V. R. Taboada. 2003. Los recursos maderables del Chaco Semiárido Argentino. Características, usos actuales y potenciales. *Revista AITIM* 224. p 50-53.
- Baas, P. and S. Carlquist. 1985. A comparison of ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *LAWA Bull.* 6(4): 349-353.
- Balzarini, M. G.; L. Gonzalez; M. Tablada; F. Casanoves; J. A. Di Rienzo; C. W. Robledo. 2008. *Manual del Usuario InfoStat*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. 336p
- Bender, A.; J. Araujo; M. Perreta y J. Moglia. 2015. Magnitudes dendrométricas de cuatro poblaciones de algarrobo blanco (*Prosopis alba* griseb.) de diferentes edades. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 14(1): 17-32.

- Bessega, C.; C. Pometti; M. Ewens; B. O. Saidman; J. C. Vilardi. 2015. Evidences of local adaptation in quantitative traits in *Prosopis alba* (Leguminosae). *Genetica* 143(1):31-44. DOI 10.1007/s10709-014-9810-5.
- Carabajal de Belluomini, M. y D. C. Fiorentino. 2006. Caracterización fitosanitaria de viveros de *Prosopis alba* (Griseb) en Santiago del Estero. *Quebracho* 13: 93-102. ISSN 1851-3026.
- Carabajal de Belluomini M. V.; L. Castresana; V. Salim, y A. Notario. 2009. The diversity of galls and their occurrence in productive forest systems of *Prosopis alba* (Griseb) in Santiago del Estero, Argentina. *Bol. San. Veg. Plagas* 35: 255-265
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *Amer. J. Bot.* 64: 887-896.
- Cisneros, A. B. y J. G. Moglia. 2015. Variabilidad del índice de vulnerabilidad en *Prosopis alba* (Griseb) en dos sitios de la Región Chaqueña. *Rev. Quipu Forestal* (1). ISSN: 24227560.
- Cisneros, A. B. y J. G. Moglia. 2016. Características morfométricas de árboles de *Prosopis alba* en la Región Chaqueña. VI Reunión Binacional de Ecología. Libro de resúmenes pag. 176.
- Castillo de Meier, G. y A. Barceló Muñoz. 2002. Cultivo horizontal de segmentos uni-nodales de plantas de *Prosopis alba* griseb. (Leguminosae). XIII Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas, Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE.
- Corcuera, L.; J. J. Camarero, E. Gil-Pelegrín. 2004. Effects of a severe drought on growth and wood anatomical properties of *Quercus faginea*. *LAWA Journal*, Vol. 25 (2): 185-204
- Di Marco, E. 2013. *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideae). Ficha Técnica. Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal MAGyP.
- Esposito-Polesi, N.; R. Ribeiro Rodríguez y M. de Almeida. 2011. Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* kiaersk (Myrtaceae). *Revista Árvore*, Viçosa. 35(2): 255-263.
- Ewens, M. and P. Felker. 2003. The potential of mini-grafting for large-scale production of *Prosopis alba* clones. *Journal of Arid Environments*. 55: 379-387
- Ewens, M. and P. Felker. 2010. A comparison of podproduction and insect ratings of 12 elite *Prosopis alba* clones in a 5-year semi-arid Argentine field trial. *Forest Ecology and Management* 260 (3): 378-383.
- Fagg, C. W. and J. L. Stewart. 1994. The Value of *Acacias* and *Prosopis* in Arid and Semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 27: 3-25
- Felker, P. and J.C. Guevara. 2003. Potential of commercial hardwood forestry plantations in arid lands - an economic analyses of *Prosopis* lumber production in Argentina and the United States. *Forest Ecology and Management* 186 (1-3): 271-86. doi:10.1016/S0378-1127(03)00280-9.
- Felker, P.; C. López; C. Soulier, J. Ochoa, R. Abdala, M. Ewens. 2001. Genetic evaluation of *Prosopis alba* (algarrobo) in Argentina for cloning elite trees. *Agroforestry Systems* 53 (1): 65-76. ISSN: 01674366.
- Felker, P.; D. Smith; C. Wiesman and R. L. Bingham. 1989. Biomass Production of *Prosopis alba* Clones at Two Non-Irrigated Field Sites in Semiarid South Texas. *Forest Ecology and Management*. 29 (1): 135-150.
- Galera, F. M. 2000. Los Algarrobos. Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. FAO-UNC. Córdoba.
- Galera, F. y R. Arias. 2003. Productividad en cultivo para *Prosopis alba* var. *Panta* y *Prosopis nigra* como madera y forraje no convencional en el NO de Córdoba. 2003. 2º Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales, San Cristóbal, Santa Fe.
- Giménez, A. M.; N. Ríos; J. Moglia; C. Lopéz. 1998. Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Bosque* 19(2): 53-62.

- Giménez, A. M.; N. Ríos; J. G. Moglia; P. Hernández; S. Bravo. 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. M.; N. Ríos; J. G. Moglia; P. Hernández y S. J. Bravo. 2001. Evolución de magnitudes dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae. *Revista Forestal Venezolana* 45 (1): 175-183.
- Giménez, A. M.; N. Ríos y J. Moglia. 1998. Leño y corteza de *Prosopis alba* griseb., algarrobo blanco, mimosaceae, en relación a algunas magnitudes dendrométricas. Universidad Austral de Chile. *Revista Bosque* 19 (2): 53-62. ISSN: 0304-8799.
- Gorham, J., R. G. Wyn Jones; E. McDonell. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Soil* 89 (1):15-40. doi:10.1007/BF02182231.
- Grulke, M. 1994. Propuesta de manejo silvopastoril en el chaco salteño. *Quebracho* 2 (1): 5-13.
- Hacke, G. U. & J. S. Sperry. 2001. Functional and ecological xylem anatomy. Perspectives in Plant Ecology, *Evolution and Systematics* 4(2): 97-115.
- Jobbagy, E. G.; M. D. Noretto; P. E. Villagra and R. B. Jackson. 2011. Water subsidies from mountains to deserts: their role in sustaining groundwater-fed oases in a sandy landscape. *Ecological Applications* 21(3): 678-694.
- Juárez de Galíndez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos; M. Balzarini. 2005. Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos. *Quebracho* 12: 34-42
- Juárez de Galíndez, M.; A. M. Giménez; N. Ríos; M. Balzarini. 2008. Determinación de la edad de aprovechamiento de individuos de *Prosopis alba* mediante un modelo logístico de intercepto aleatorio para incrementos radiales. Instituto Forestal de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 14 (2): 287-299.
- Laguna Rodríguez, R.; S. Valencia Manzo; J. Meza Rangel; M. A. Capó Arteaga y A. Reynoso Pérez. 2008. Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus gregii* Engelm. en Galeana Nuevo León. *Rev. Fitotec. Mex* 31(1): 19-26.
- Ledesma, T.; G. De Bedia y C. López. 2008. Productividad de *Prosopis alba* Griseb En Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1): 5-9.
- Lindorf, H. 1994. Ecoanatomical wood features of species from a very dry tropical forest?. *LAWA Journal*: 15 (4): 361-376.
- León, W. J. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 28 (2): 257-274.
- Lockhart, B. R.; R. C. Weih and K. M. Smith. 2005. Crown Radius and Diameter at Breast Height Relationships for Six Bottomland Hardwood Species. *Journal of the Arkansas Academy of Science* 59(1): 110-15.
- López, C. 2005. Evaluación de la Variación Genética de Especies del Género *Prosopis* de la Región Chaqueña Argentina para su Conservación y Mejoramiento. Capítulo III: *Mejores Árboles para más Forestadores*. Editor: Carlos Norberto, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Pag. 195-203. Buenos Aires. ISBN: 9879184475.
- López, C. 2000. Proyecto de Investigación Aplicada. Instalación de ensayos de productividad de *Prosopis alba* en el área de riego de Santiago del Estero. *PLA* 42/96, 15 p.
- Meloni, D. A.; M. R. Gulotta; C. A. Martínez and M. A. Olivera. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Braz. J. Plant Physiol.*, 16(1):39-46.
- Ministerio de Agroindustrias. Resol. 244/2013. Creación del Programa Nacional del Algarrobo.
- Moglia, J. G. y A. M. Gimenez. 1998. Rasgos anatómicos característicos del hidrosistema de las principales especies arbóreas de la Región Chaqueña Argentina. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 7 (1 y 2): 53-71.

- Moglia, J. G y C. López. 2001. Estrategia adaptativa del leño *Aspidosperma quebracho blanco*. *Madera y Bosques* 7(2): 13-25. ISSN 1045-0471.
- Moglia, J. G.; A. B. Cisneros; A. M. Giménez y D. González. 2014. Crecimiento y variabilidad de madera en *Prosopis alba*. Congreso del Gran Chaco. [en línea]. [fecha de consulta: 13 Septiembre de 2016], p. 271-280. Disponible en: <[http://www.congracha.org/web/publicaciones\\_impresa/publicacion\\_001.pdf](http://www.congracha.org/web/publicaciones_impresa/publicacion_001.pdf)>
- Moglia, J. G. y A. M. Giménez. 2006. Análisis de la Arquitectura Vegetal de *Prosopis alba* y *P. nigra*. Resultados preliminares. *II Jornadas Forestales de Santiago del Estero. El algarrobo*
- Moglia, J. G.; E. Pam ; D. A. González, M Juarez de Gamildez y M. Humland. 2014. Variabilidad de las propiedades físicas de la madera entre y dentro de árboles de un rodal semillero de *Prosopis alba*. p 271. [en línea]. [fecha de consulta: 26 Septiembre de 2016], p. 485. Disponible en: <[http://www.congracha.org/web/publicaciones\\_impresa/publicacion\\_001.pdf](http://www.congracha.org/web/publicaciones_impresa/publicacion_001.pdf)>
- Mónaco, C. G. 2015. El avance de la frontera agrícola y su impacto: 9 de julio, chaco. 1990-2010. *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*. 3 (1): 117-138.
- Montaño-Arias S. A.; S. L. Camargo-Ricalde y C. P. Pérez-Olvera. 2013. Ecoanatomía de los elementos de vaso de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Botanical Sciences* 91 (1): 1-10.
- Ocampo, T. L. 2001. *Ficha Técnica Sistemas Silvopastoriles*. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Subsecretaría de desarrollo rural. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. pp8.
- Parra, M. 2010. Determinación de índices de vulnerabilidad y mesomorfia en especies de Laurales de la selva San Eusebio (merida, venezuela). *Pittieria* 34 (1): 12-22.
- Pockman, W. T. & J. S. Sperry. 2000. Vulnerability to cavitation and the distribution of Sonoran Desert vegetation. *American Journal of Botany* 87 (1): 1287-1299.
- Prokopiuk, D. 2010. Influence of Roasting on the Water Sorption Isotherms of Argentinean Algarroba (*Prosopis alba* Griseb) pods. *International Journal of Food Properties* 13(4): 692-701. DOI: 10.1080/10942910902742055.
- ProSoBo. 2007. *Producción de semillas y plantines de árboles nativos seleccionados de la cuña boscosa santafecina - Programa Social de Bosques (ProSoBo)*. Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional del Litoral) y FUNDAPAZ. Disponible en: <<http://www.fca.unl.edu.ar/arbolesnativos/proyecto.html>>.
- Rury, P. and Dickinson. 1984. Structural correlations among wood, leaves and plant habit. *In: R. A. White, W. C. Dickinson* (eds.); *Contemporary problems in plant anatomy*: 495-540. Academic Press, New York, London.
- Scambato, A. A.; M. Echeverría; P. Sansberro; O. A. Ruiz and A. B. Menéndez. 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. DOI:00.0000/S000000-000-0000-0 SHORT.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2008. *El avance de la frontera agropecuaria y sus consecuencias. Subsecretaría de Planificación y Política Ambiental*. Dirección Nacional de Ordenamiento Ambiental y Conservación de la Biodiversidad.
- Silva, M.; M. Gulotta; A. B. Cisneros; E. Bravo; R. Ledesma; D. Meloni. 2013. Germinación de semillas de *Prosopis alba* G. en Condiciones de Estrés Salino e hídrico. *XXX Jornadas Científicas. Asociación de Biología de Tucumán*. ISBN: 978-950-554-825-5.
- The Nature Conservancy (INC), Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (DeSdel Chaco) y Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). 2005. *Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano* 1a ed. / Gran Chaco Americano. Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina. ISBN 950-9427-12-8
- Taleisnik, E. y D. Lopez Launstein. 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral* 21: 3-14.

- Turc C. and B. Cutter. 1984. Sorption and Shrinkage Studies of Six Argentine Woods. *Wood and Fiber Science*, 16(4): 575-582.
- Vega, M. V.; G. Castillo de Meier; A. Russo de Bordoy; O. A. Bovo. 2002. *Enraizamiento de acodos aéreos realizados en árboles adultos de Prosopis alba Griseb*. Novenas Jornadas Técnicas Forestales. El dorado, Misiones, Argentina.
- Verga, A. 2005. Recursos genéticos, mejoramiento y conservación de especies del género *Prosopis*. En: Mejores árboles para más forestadores. Editor: Carlos Norberto, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires. Pag. 205-222. ISBN: 9879184475.
- Vilela, A. 2001. *Pinus chiapensis*: un enfoque ecológico de su anatomía foliar. *Polibotánica*. 11,(1): 111-120, ISSN 1405-2768, México.
- Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. Departamento de Dendrocronología e Historia Ambiental. IANIGLA-CRICYT. *Multequina* 9(2): 35-51. ISSN 0327-9375.
- Villagra, P. y M. S. Morales. 2003. Dendroecology of *Prosopis* woodlands in the Argentine arid zone. *IANIGLA* 1973-2002: 53-57
- Villagra, P.; A. Vilela; C. Giordano and J. A. Álvarez. 2009. Desert Plants: Biology and Biotechnology. Ecophysiology of *Prosopis* Species From the Arid Lands of Argentina: What Do We Know About Adaptation to Stressful Environments? Chapter 15. Editor Ramawat K. pp. 508.
- Villalba, R. and Boninsegna J. A. 1989. Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* D.C. *LAWA Bulletin* 10:155-160.
- Verga, A. 2000. Algarrobos como especies para forestación: una estrategia de mejoramiento. *SAGPyA Forestal* 16: 12-18.
- Verga, A.; M. Navall; J. Joseau; O. Royo; W. Degano. 2009. Caracterización morfológica, distribución geográfica y estimación de nichos ecológicos de algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Quebracho*. 17: 31-40.