

MAGNITUDES DENDROMÉTRICAS DE CUATRO POBLACIONES DE ALGARROBO BLANCO (*PROSOPIS ALBA* GRISEB.) DE DIFERENTES EDADES

BENDER, A.¹; ARAUJO, J. ¹; PERRETA, M.² & MOGLIA, J.³

RESUMEN

Magnitudes dendrométricas fueron analizadas en cuatro poblaciones de *Prosopis alba* (algarrobo blanco) provenientes de poblaciones naturales y cultivadas. El objetivo fue evaluar las características dendrométricas en árboles de diferentes edades a fin de describir el comportamiento en distintos estadios de crecimiento y establecer relaciones alométricas en las mismas.

Las variables medidas fueron: diámetro, altura total, altura de fuste, ancho de copa, rectitud, sanidad de fuste y vitalidad de copa.

La correlación entre diámetro y altura mediante una ecuación potencial mostró un coeficiente satisfactorio ($R^2 = 0.92$) cuando se analizaron las cuatro poblaciones en conjunto. Las mejores características cualitativas se observaron en las poblaciones cultivadas.

La utilización de plantas jóvenes permitió tener valores del extremo inferior de las curvas de crecimiento, mientras que los datos del bosque nativo favorecieron el análisis de árboles de mayores dimensiones. Es necesario ampliar la cantidad de individuos de diferentes poblaciones para obtener ecuaciones más precisas de *P. alba*.

Palabras clave: *Prosopis alba*, magnitudes dendrométricas, relaciones alométricas, incremento anual.

SUMMARY

Dendrometric parameters of four populations of white mesquite (*Prosopis alba* Griseb.) of different ages.

Dendrometric parameters of four white mesquite populations (*Prosopis alba*) of different ages were analyzed. Variables measured were: diameter, total height, trunk height and crown width, trunk straightness, trunk health, and crown vitality. The correlation between diameter and total height through a potential equation showed a satisfac-

1.- Cátedra de Dasonomía - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805.

(3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Email: adriangbender@gmail.com

2.- Cátedra de Morfología Vegetal – (CONICET/Facultad de Ciencias Agrarias- UNL)

3.- Cátedra Dendrología- Facultad de Ciencias Forestales (UNSE).

Manuscrito recibido el 5 de febrero de 2015 y aceptado para su publicación el 8 de junio de 2015.

tory coefficient ($R^2 = 0.92$) when the four populations were analyzed together. The best qualitative features were observed in cultivated populations. The utilization of young plants allowed obtaining values at the lowest end of growth curves, meanwhile the native forest data promoted the analysis of higher size trees. In order to procure a more accurate equation for *P. alba*, it is necessary to extend the number of individuals in the sampling of every population.

Key words: White mesquite, dendrometric parameters, allometric relationships, annual increments.

INTRODUCCIÓN

Prosopis alba es uno de los árboles de área geográfica más amplia en Argentina (Tortorelli, 2009). Al igual que otras especies del género presenta gran importancia ecológica y ductilidad (Giménez *et al.*, 2006); mostrando potencial para ser usada en la restauración de áreas degradadas (Taleisnik & Lauestein, 2011). Actualmente es una de las maderas nativas de mayor uso (Galera, 2000; Tortorelli, 2009) y dado su potencial forestal y maderero constituye un importante recurso para los pueblos de zonas áridas y semiáridas (Giménez *et al.*, 1998; 2006).

En la actualidad gran parte de la superficie originalmente ocupada por bosques de algarrobo se ha perdido a tasa creciente en el tiempo (Palacios y Brizuela, 2005). Esto es debido a dos causas principales: la deforestación y el uso para la industria. Las tasas de deforestación registradas en las últimas décadas en función fundamentalmente del avance de la agricultura, han eliminado gran parte del bosque nativo (Coirini, 2011). El desmonte recrudesció recientemente con la rápida expansión agrícola, proceso que favoreció la desaparición de una alta proporción de bosques de algarrobo (Arturi, 2005). Con respecto al uso industrial, la industria mueblera, ha realizado una extracción

selectiva de algarrobos a límites cercanos a la extinción local de individuos maderables (Palacios y Brizuela, 2005), sobre todo en áreas cercanas a los núcleos muebleros. Si bien su madera es sumamente aprovechada es insuficiente la investigación científica desarrollada que permita establecer turnos adecuados de aprovechamiento (Giménez *et al.*, 2001). En Argentina, en general, son escasos los antecedentes sobre estudios de crecimiento de especies leñosas nativas (Araujo *et al.*, 2007).

La información referida al crecimiento es básica para la elaboración y aplicación de un plan de manejo forestal (Juárez de Galíndez, 2005), para determinar adecuadamente los ciclos de corta y para regular la producción del bosque (Araujo *et al.*, 2007; Bormann & Berlyn, 1983).

Una explotación forestal racional implica una serie de conocimientos precisos acerca de la biología, comportamiento según la edad y ritmo de crecimiento de las especies (Bormann & Berlyn, 1983). El principal problema para iniciar un proyecto de reforestación, o forestación en regiones aptas para el cultivo de algarrobos, es la poca información relativa al crecimiento en diámetro, altura y las variables que de ellas se derivan para lograr un manejo adecuado (Palacios & Brizuela, 2005; Juárez de Galíndez, 2005). Husch *et al.* (1982) señalan que la altura total y el diámetro son

dos variables correlacionadas entre sí y que la altura del árbol tiene estrecha relación con el diámetro de la copa (Malleaux, 1970).

Diversos estudios correlacionan estas magnitudes en función de la edad de los árboles, tanto en especies exóticas (Fang y Bailey, 1998; Caldeira, 2002; Durlo, 2004; Donadoni, 2010; Daniel, 2012); como en especies nativas (Giménez *et al.*, 2003; Pece, 2006; Juárez de Galíndez, 2006, 2007) y en *Prosopis alba* específicamente (Giménez *et al.*, 1999; Giménez *et al.*, 2001; Juárez de Galíndez, 2005).

El crecimiento de un árbol, en un período determinado, está influenciado por distintos factores como: la edad del árbol, las condiciones ambientales y la presencia de disturbios (Catalán, 2000). La inclusión de la edad en los modelos aumenta la precisión de los cálculos de altura en poblaciones con edades diferentes (Caldeira, 2002).

El objetivo de este trabajo es evaluar las características dendrométricas en árboles de *Prosopis alba* de diferentes edades a fin de describir el comportamiento de la especie en distintos estadios de crecimiento y establecer relaciones alométricas en las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos se tomaron en cuatro poblaciones de *P. alba* con diferentes edades y ubicadas en las regiones fitogeográficas del Espinal y Parque Chaqueño (Fig. 1).

Población de 1 año de edad (P1): semillas de árboles seleccionados de la cuña Boscosa Santafesina por el Programa Social de Bosques (Pro.So.Bo,

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2002) fueron sembradas en macetas individuales y colocadas en cámara de crecimiento siguiendo un diseño completamente aleatorizado.

Población de 8 años de edad (P8): plantación ubicada en la localidad de Raquel (30° 47'11.7" S, 61° 30'26.4" W), Departamento Castellanos, provincia de Santa Fe, Argentina. Durante el crecimiento del rodal se realizaron las prácticas de podas necesarias para conducir los árboles con un solo fuste, tutorado para lograr el porte recto, desmalezado y control de plagas. El clima de la región Oeste del área del Espinal se define como subhúmedo-seco, templado, con posible falta de agua y promedios de lluvia que se encuentran dentro de los 800 mm (Wasenius *et al.*, 2004). Los suelos son complejos con predominio de las series Castellanos & Lehmann (INTA, 2014).

Población de 16 años de edad (P16): plantación de *P. alba* perteneciente a la estación Experimental del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) situada en La María (28°01'04.4" S, 64°13'41.5" W), provincia de Santiago del Estero, Argentina. Las prácticas de manejo fueron las habituales y se realizaron podas para conducir la plantación a un solo fuste.

La María posee una temperatura media anual de 20 °C y una precipitación media anual de 636 mm (Saavedra, 2004); el suelo se caracteriza por una alta fertilidad potencial pero limitada por la aridez del clima (Lorenz, 1995).

Población de más de 25 años (P25): ubicada en la zona rural de la localidad de Humboldt (31° 21'05.8" S, 61° 08'36.9" W), Departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe, Argentina; estos árboles pertenecen a relictos de bosque nativo del espinal periéstépico, caracterizados por

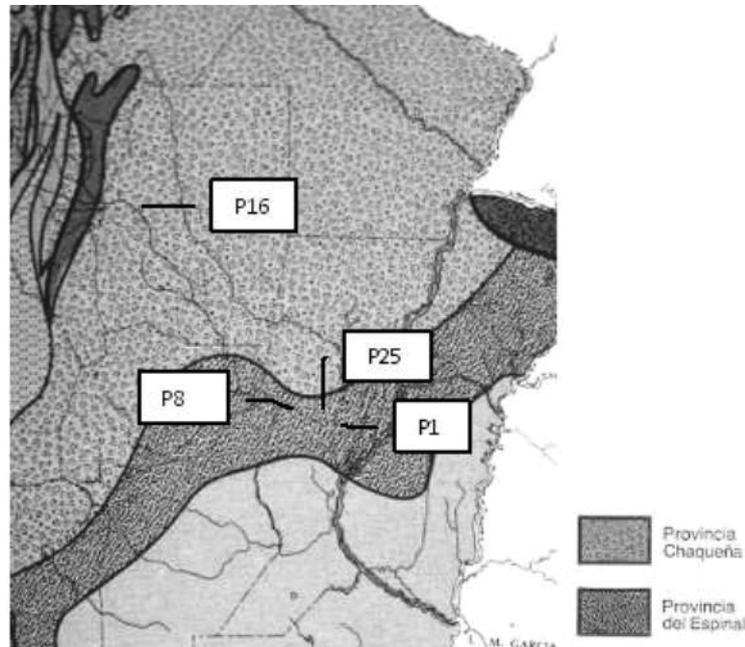


Fig. 1: Ubicación de las poblaciones de *P. alba*.

su vegetación de tipo bosque xerófilo con predominio de especies del género *Prosopis* (Cabrera, 1976). El clima de la región

Este del área del Espinal es subhúmedo-húmedo, templado, con poca deficiencia de agua y con promedios que oscilan los 1000 mm anuales (Wasenius *et al.*, 2004); los suelos predominantes en el Departamento corresponden a Argiudoles típicos o ácuicos (Carrizo, 2011). La edad de los árboles se estimó a partir de información brindada por productores locales.

En P1 se midieron mensualmente el diámetro de tallo a la altura del cuello, longitud de los entrenudos, posición de la primera rama emitida y grado de inclinación por el eje principal; a partir de la sumatoria de los valores obtenidos se calculó al cabo de un año: diámetro (D_t), altura (H_t) y en función de la posición de la primera rama importante se calculó la altura de fuste (H_f). La curvatura del eje principal se

determinó a partir de la medición del grado de inclinación, respecto de la vertical, de cada nudo; el gradiente se estableció entre 90° (totalmente vertical) y 0° (totalmente horizontal); la inclinación de cada nudo se relacionó con la longitud de su entrenudo correspondiente.

Para P8, P16 y P25 la toma de datos se realizó durante dos años consecutivos, esto permitió registrar el incremento de las magnitudes analizadas. Para P8 y P16 las observaciones se realizaron de manera sistemática sobre las hileras de plantación mientras que para P25 el muestreo se realizó con parcelas de 10 m x 100 m (1.000 m²) sobre una transecta de base (PIARFON, 2005a) y un tamaño de muestra del 2%; a partir de estos inventarios diagnóstico se pudo acceder a información útil relacionada con los tamaños, distribución espacial y calidad de los árboles (Saravia, 1999).

Para la caracterización dendrométrica de las tres poblaciones se registraron altura total (H_t) con clinómetro Sunnto, diámetro a 1,30 m (D) y altura de fuste (H_f) (determinada a la primera ramificación principal, Giménez *et al.*, 2001); en el caso de P25 se midió como dato adicional el ancho de copa de los árboles en cuatro orientaciones (Norte, Sur, Este y Oeste), los cuales se promediaron obteniéndose un valor único que permitió establecer correlaciones entre esta variable con altura y diámetro. Se registraron los caracteres cualitativos rectitud (1, recto; 2, torcido y 3 muy torcido), sanidad de fuste (1, sano; 2; enfermo y 3 muy enfermo) y sanidad de copa (B, Buena; R, regular y M, mala) (Primer Inventario Nacional de Bosques, 2005a); cada árbol fue individualizado con una chapa numerada, mientras que los sitios en estudio fueron georreferenciados.

Para cada población se calculó el Incremento Anual (IA) (Imaña & Encina, 2008).

$$IA = \frac{Y_{(t+1)} - Y_{(t)}}{t}$$

Donde, IA corresponde al Incremento Anual; Y a la dimensión de la variable considerada y t es la edad.

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa InfoStat® (Di Renzo, 2008). Para establecer las probables relaciones entre la altura y el diámetro se probaron diversos tipos de funciones en regresiones entre las variables.

RESULTADOS

El incremento de diámetro sólo fue estadísticamente diferente para P8, la que mostró un valor promedio de 2,6 cm (Tabla 1). La altura total mostró diferencias entre las poblaciones más jóvenes y las de

mayor edad, correspondiendo las mayores variaciones con respecto al incremento anual a las poblaciones más jóvenes (Tabla 1). Con respecto a la altura del fuste, es importante remarcar que el mayor valor y estadísticamente diferente corresponde a P25, que si bien es la población de mayor edad, es una población que creció sin ningún tipo de conducción (Tabla 1). No se observaron diferencias significativas en IAD de P1, P16 y P25; H_t y IH_t no mostraron diferencias entre P16 y P25; H_f fue similar en P8 y P16 mientras que IH_f no resultó estadísticamente diferente para las cuatro poblaciones.

En la tabla 2 se muestran las ecuaciones a partir de las cuales se pudo relacionar el diámetro y la altura, con coeficientes de correlación bajos cuando se analizaron en forma individual para cada población, mientras que el coeficiente de correlación fue satisfactorio cuando se analizaron las cuatro poblaciones en conjunto (Fig. 2).

En P25, además, la altura y el diámetro se correlacionaron con el ancho de copa a partir de ecuaciones potenciales (Fig. 3A y B).

En cuanto a los caracteres cualitativos, se observó una importante inclinación del eje principal en P1 (Fig. 4A), la que puede ser descrita por una curva tipo cuadrática.

Estas plantas mostraron condiciones de sanidad y vitalidad excelentes debido al hecho de ser cultivadas en cámara de crecimiento. Las poblaciones cultivadas (P8 y P16), al haber sido podadas y conducidas presentaron en forma predominante fuste recto mientras que para P25 sólo el 10% de los árboles contó con esa característica (Fig. 4B). De la misma manera P8 y P16 presentaron altos valores de fuste sano y con gran vitalidad de copa; por el contrario, P25 mostró un 74 % de la población con

Tabla 1: Magnitudes dendrométricas para las cuatro poblaciones y su incremento anual. D, diámetro; IAD, incremento anual en el diámetro; H_t, altura total; IAH_t, incremento anual en altura total; H_f, altura del fuste; IAH_f, incremento anual en altura del fuste. Medias con letras en común no son significativamente diferentes (p<= 0,05).

	Poblaciones	Medias	n	E.E.	
D (cm)	P1	0,81	40	1,42	A
	P8	16,11	60	1,16	B
	P16	26,62	40	1,42	C
	P25	60,02	26	1,76	D
IAD (cm)	P1	0,80	40	0,17	A
	P8	2,63	60	0,13	B
	P16	1,12	40	0,16	A
	P25	1,10	26	0,20	A
H_t (m)	P1	1,05	40	0,16	A
	P8	5,26	60	0,13	B
	P16	8,26	40	0,16	C
	P25	8,37	26	0,20	C
IAH_t (m)	P1	0,05	40	0,07	A
	P8	0,68	60	0,05	B
	P16	0,44	40	0,07	C
	P25	0,30	26	0,08	C
H_f (m)	P1	0,01	40	0,06	A
	P8	1,70	60	0,05	B
	P16	1,61	40	0,06	B
	P25	1,92	26	0,07	C
IAH_f (m)	P1	2,4E-	40	0,01	A
	P8	04	60	0,01	A
	P16	0,03	40	0,01	A
	P25	0,09	26	0,01	A
		0,00			

Tabla 2: Regresiones entre altura-diámetro para las cuatro poblaciones de P. alba.

Población	Función	Modelo	Correlación
P1	$y = -5,9264x^3 + 10,88x^2 - 5,5606x + 1,6514$	Polinomio grado 3	R ² = 0,18
P8	$y = 0,0006x^3 - 0,0388x^2 + 0,8816x - 1,1382$	Polinomio grado 3	R ² = 0,24
P16	$y = -0,0002x^3 + 0,0146x^2 - 0,2384x + 7,9194$	Polinomio grado 3	R ² = 0,52
P25	$y = 0,9979x^{0,5234}$	Potencial	R ² = 0,55
Tres poblaciones	$Y = 1,2051x^{0,5338}$	Potencial	R ² =0,92

Fig. 2: Regresiones diámetro y altura para las cuatro poblaciones juntas.

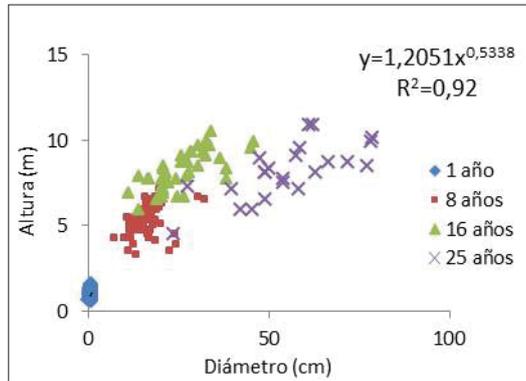


Fig. 3: Regresión diámetro- ancho de copa (A) y altura-ancho de copa (B) para P25.

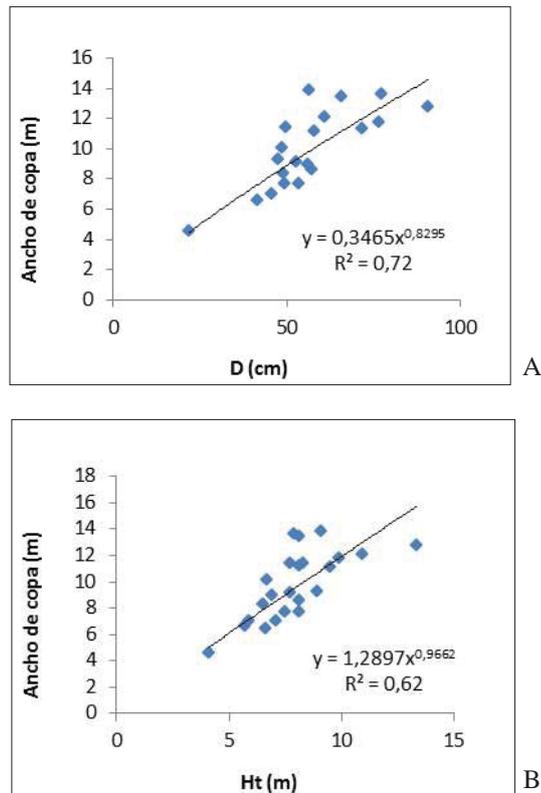


Fig. 4: Inclinación del eje principal según la altura para PI(A);
rectitud de fustes para P8, P16 y P25 (B).

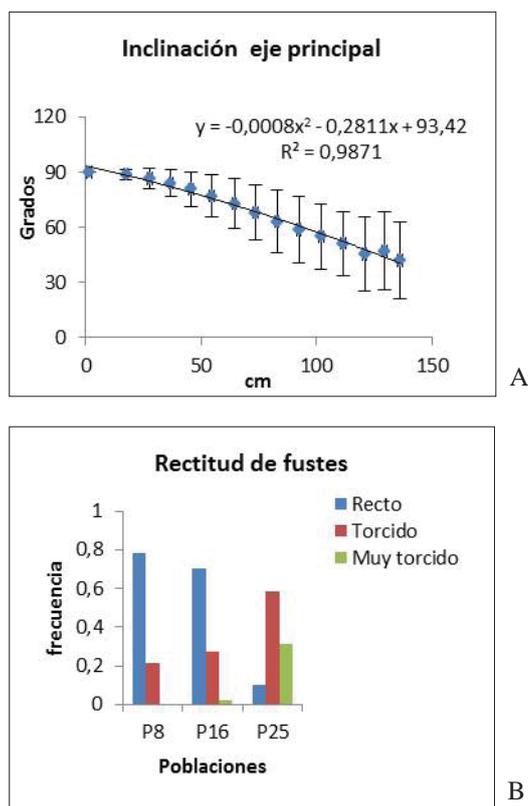


Tabla 3: Vitalidad de copa (B, buena; R, regular; M, mala) y estado sanitario del fuste (1, sano; 2, enfermo; 3, muy enfermo) para tres poblaciones de *P. alba*.

Sanidad Fuste (%)	Vitalidad de copa (%)								
	P8			P16			P25		
	B	R	M	B	R	M	B	R	M
1	95,0	1,7	0,0	82,5	7,5	0,0	0,0	4,3	4,3
2	1,7	1,7	0,0	7,5	2,5	0,0	2,9	38,6	32,9
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	14,3

el fuste enfermo, mientras que las copas presentaron vitalidad regular a mala (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La información referida al crecimiento es básica para una correcta planificación del manejo y para su adecuada aplicación (Araujo *et al.*, 2007).

La altura de las plantas de un año que crecieron en cámaras de crecimiento fue superior a las cultivadas en vivero (Vilela *et al.*, 1997); también se encontraron diferencias con respecto a estos autores en el diámetro de la base de las plantas, la que fue marcadamente mayor en este trabajo. Vilela *et al.* (1996) encontraron en plantas de un año diferencias en el diámetro de *P. alba* en función de sus procedencias, demostrando que esta variable está correlacionada no sólo con el genotipo de las plantas, sino también de las condiciones de crecimiento. A la misma conclusión arribaron Ledesma *et al.* (2008) quienes reportan diferencias en diámetro y en la altura de plantas cultivadas en función del origen y procedencia. Esto refuerza la idea de que las propuestas de forestación con algarrobos deben generarse a partir de germoplasma seleccionado con buen fuste y buena tasa de crecimiento en altura y diámetro (Palacios, 2005). En ambientes naturales los algarrobos presentan bajas tasas de crecimiento especialmente durante los primeros años de vida, sobre todo cuando las condiciones no son favorables, la variabilidad climática ha demostrado ser un factor determinante (Villagra, 2002). Sin embargo, el factor más limitante parecería ser la disponibilidad de agua, ya que existe

una correlación positiva entre esta y el crecimiento en altura (Vilela *et al.*, 1996). El desarrollo en condiciones sin restricciones de humedad, luz, temperatura y nutrientes permitió, en este ensayo, expresar mayor desarrollo de diámetro y altura, de forma tal que esta especie se comporta de una manera muy plástica cuando se proveen ambientes óptimos de crecimiento.

Los valores de diámetro para árboles de 8 años son similares a los encontrados por López *et al.* (1999) en una plantación de 9 años de *P. alba* y los hallados por Atanasio (2012) en ensayos de poda de similares características; este último encontró diferencias entre el diámetro de árboles no podados vs. podados con diferente intensidad. Navall y Senillani (2004), para una plantación de 9 años de edad, señalan la importancia de la competencia entre individuos sobre la variable incremento en diámetro, la cual disminuye en función del aumento de la densidad de plantación.

La altura total para las etapas iniciales se incrementa en $0,90 \text{ m.año}^{-1}$ a causa del carácter heliófilo del algarrobo. Estos autores mencionan otras posibles causales de bajo crecimiento tales como salinidad del suelo y competencia interespecífica por falta de control de arbustos que pueden afectar el crecimiento tanto en altura como en diámetro.

En P16 se observó que, la implantación del rodal y su correcto manejo silvicultural, tuvo correlación directa con el crecimiento en diámetro; comparados con los valores obtenidos por Giménez *et al.* (2001) quienes encontraron que árboles del bosque nativo alcanzaron el diámetro de 30 cm a los 36 años. El incremento en diámetro para la población de árboles de más de 25 años es superior al encontrado por estos autores,

esta diferencia puede deberse a las distintas condiciones ambientales y climáticas en las cuales han crecido los árboles.

La altura es una magnitud directamente relacionada con la edad (Navall & Senillani, 2004). Juárez de Galindez *et al.* (2005) observaron para una muestra de individuos de distinto tamaño tomada al azar dentro de rodales de algarrobo blanco que los árboles de mayor edad no presentaron las mayores alturas y diámetros necesariamente, esto puede ser debido a que el crecimiento de un árbol, en un periodo de tiempo determinado, es el resultado de la influencia de distintos factores tales como edad del árbol, clima y disturbios (Villalba, 1988, Catalán, 2000)

Galera (2000) señala para plantas jóvenes la falta de rectitud del tallo principal y propone utilizar un tutor para corregir el torcimiento. En nuestras observaciones se constató que la curvatura del eje en plantas de un año es un carácter inherente a la especie, dicha curvatura tiene un papel preponderante en la estructura general que desarrollará la planta en el futuro. *Prosopis alba* presenta un modelo arquitectural en el cual cada vástago anual tiene crecimiento definido debido al agotamiento y muerte del meristema apical al finalizar la estación favorable, mientras que los brotes axilares simpodiales continúan con el crecimiento en altura; de esta manera el árbol crece como una sumatoria de dichos vástagos (Halle & Oldeman, 1970), esto permite flexibilidad en la construcción de la estructura arbórea (Hallé *et al.*, 1978). La caracterización y evaluación preliminar de estos caracteres es ineludible, para esto, la identificación en estadios tempranos del desarrollo es de mucha utilidad en forestales (Burghardt *et al.*, 2000), lo que permite lograr lotes de mayor homogeneidad fenotípica. En ambientes naturales la supervivencia de

plantas jóvenes está sujeta a diversos factores adversos tales como mortalidad (Bush & Van Auken, 1991), competencia con herbáceas (Carranza & Ledesma, 2009) o herbivoría (Villagra, 2000), fenómenos que rompen la dominancia apical, dando como resultado plantas con varios fustes (Galera, 2000). El manejo silvicultural durante el crecimiento inicial es un factor fundamental para llevar adelante una plantación comercial, por lo que la estrategia de establecimiento de forestaciones exitosas serían la selección del material genético apropiado y acciones sanitarias adecuadas, más que de tutorado.

En condiciones naturales *P. alba* ramifica con frecuencia a baja altura y con ramas gruesas, su tronco es generalmente torcido produciendo rollizos de escasa longitud (Atanasio, 2012). La mayor altura de fuste (H_f) observada en P25, una población sin manejo silvícola, pudo deberse a la extracción permanente de ramas basales; ya que es posible que el mayor aporte de madera de los *Prosopis* sea como leña (Palacios, 2005); no obstante el corte de ramas puede efectuarse por diversos motivos: carpintería menor, manejo del ganado dentro de los relictos de bosques, tendido de alambrados, limpieza para el paso de maquinaria agrícola, apertura de caminos internos dentro del bosque, entre otros. Todas estas actividades sin la debida planificación no aseguran la obtención de un fuste adecuado.

Diversos factores deben ser tenidos en cuenta para describir caracteres cualitativos de un rodal, pero sin duda el manejo es una causa preponderante, esto explica en gran parte las diferencias en sanidad, rectitud de fuste y vitalidad de copa en poblaciones implantadas comparadas con árboles del bosque nativo. La práctica de poda en

las forestaciones contribuye a mejorar la calidad de fuste de los ejemplares permitiendo obtener trozas más largas y producir madera libre de nudos (Atanasio, 2012); por otra parte, la posibilidad de realizar forestaciones originadas a partir de germoplasma de calidad, con homogeneidad y un grado de selección, mejora los caracteres forestales buscados (Palacios, 2005). Galera (2000) observó para *P. alba* var. *Panta Grisebach* que la poda beneficia el crecimiento en altura de fuste, que se forma casi recto y más alto, mejorando la calidad de la madera la cual aparece con menor cantidad de nudos. En todos los casos se debe considerar que la evaluación de los parámetros cualitativos es subjetiva; especialmente la evaluación de la sanidad de un árbol es muy difícil de realizar con el individuo en pie (Grulke *et al.*, 2007).

En la mayoría de árboles del bosque nativo, Juárez de Galíndez *et al.* (2007), encontraron defectos en el fuste. Según Brassiolo (1997), la proporción de individuos con problemas de sanidad aumenta rápidamente con el aumento del diámetro.

Giménez *et al.* (2000) menciona para *P. nigra* el escaso valor como productora de madera a causa de un estado sanitario malo. Para Grulke *et al.* (2007), como el aprovechamiento consiste en la extracción de los mejores individuos, esto ha llevado a una degradación de los bosques a diferentes niveles. Karlin & Bernasconi (2005) señalan que históricamente la región del espinal se caracterizó por una extracción forestal desmedida y sin ningún tipo de planificación, lo que llevó a que en la actualidad no se disponga de suficientes ejemplares con fustes de calidad. Esta información condice con la observación de ejemplares en condiciones defectuosas

(torcidos y enfermos), producto de una extracción selectiva de individuos sanos y rectos.

Los antecedentes de relaciones entre variables dendrométricas en plantas jóvenes son escasos dentro del género *Prosopis*. Dalmasso (1994) utilizó el número de nudos para establecer relaciones con la longitud del vástago en *P. flexuosa* y *P. chilensis*. Sin embargo, encontrar relaciones confiables en los primeros estadios que permitan estimar el crecimiento a futuro sería de gran utilidad, sobre todo en esta especie donde el aprovechamiento se realiza muchos años después. Para Juárez de Galíndez (2007) la altura total y el diámetro son dos variables correlacionadas entre sí; no obstante para *P. nigra* la hipótesis no parece ser fuerte debido al bajo coeficiente de correlación encontrado según los mismos autores. En ocasiones las relaciones hipsométricas no representan una relación biológica bien definida, habiendo gran variabilidad en altura para un diámetro determinado en sitios y edades diferentes (Chapman y Meyer, 1949, citado por Caldeira, 2002).

Los coeficientes de correlación de las regresiones de las poblaciones evaluadas en este trabajo no muestran valores altos; dichas correlaciones dependen de la especie estudiada, como lo muestran trabajos presentados por diversos autores (Caldeira, 2002; Juárez de Galíndez *et al.*, 2006, 2007, Donadoni, 2010). Sin embargo, el hecho de que el análisis del conjunto de los datos muestre valores mayores, hace pensar en la necesidad de ampliar los rangos de edad de los árboles para lograr valores más confiables. No escapa a este análisis el hecho de que los valores pertenecientes a las poblaciones sometidas a algún tipo de manejo muestren una menor dispersión que los de P25, con lo que es de esperar

que correlaciones para forestaciones debidamente manejadas puedan permitir establecer predicciones más confiables.

Daniel *et al.* (2012) encontró, en sistemas silvopastoriles, relaciones entre magnitudes de copa y altura importantes para comprender interacciones de los árboles con las propiedades del suelo y la calidad del forraje debajo de las copas. Para estimar valores más directos del tamaño del árbol Malleaux (1970) considera indispensable comparar el tamaño de copa con algún otro parámetro. Juárez de Galíndez *et al.* (2007) sugieren trabajar en *P. nigra* con diámetro de copa ó altura de copa para obtener mejores resultados. Si bien el ancho de copa en P25 mostró buena correlación con el diámetro, Giménez *et al.* (2001) mencionan que en árboles de más de 45 años de *P. alba* las correlaciones comienzan a ser menores, dependiendo además de la posición que ocupa el árbol en el bosque.

La inclusión de la edad en los modelos matemáticos aumenta la precisión de los cálculos de altura en poblaciones con edades diferentes (Caldeira, 2002). A partir del análisis epidométrico Giménez *et al.* (2001, 2003) pudieron establecer tendencias de crecimiento basadas en la edad biológica de los árboles, correlacionándola con diversas variables dendrométricas; además de la edad interactúan otros factores tales como sitio, tamaño de copa, densidad y especie (Husch *et al.*, 1982; Finger, 1992; Scolforo, 1999). Sin embargo, la falta de datos de árboles de bajas dimensiones, sobre todo en el bosque nativo, puede resultar una dificultad para encontrar correlaciones entre las variables de crecimiento. Los daños por herbivoría son muy frecuentes en *Prosopis alba*, especialmente en plantas jóvenes atacadas por insectos, aves y

mamíferos; en los sistemas silvopastoriles la producción ganadera limita el crecimiento de renovales, esto hace que no existan valores en el extremo inferior de las curvas de crecimiento, las que consecuentemente presentan bajos coeficientes de correlación (Daniel *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

La regresión entre diámetro y altura de las tres poblaciones en conjunto se ajusta a una ecuación potencial con un alto coeficiente de correlación.

La utilización de regresiones constituye una herramienta útil para explicar el crecimiento de una especie, incluso cuando los árboles provienen de poblaciones diferentes, sin embargo su valor parece ser más limitado en poblaciones sin manejo sistemático.

El trabajo con plantas jóvenes permitió tener valores del extremo inferior de las curvas de crecimiento, datos que son escasos en la bibliografía consultada, mientras que la observación del bosque nativo aporta en el análisis de árboles de mayores dimensiones.

Esto plantea la necesidad de desarrollar correlaciones en función de rangos amplios de edad para lograr parámetros descriptivos más confiables.

AGRADECIMIENTOS

Al Pro.So.Bo (Programa Social de Bosques) y FundaPaz, por haber facilitado la semilla para producción de plantines; a la familia Delbino y a Eligio Weidmann por haber permitido realizar mediciones

de Algarrobos de su propiedad; al INTA La María y al Ing. Martín Zárate por haber posibilitado los trabajos de medición en ese establecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **ARTURI, M.** 2005. Situación ambiental en la ecorregión Espinal. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, p. 240-260. La Plata. Argentina.
- 2.- **ATANASIO, M.** 2012. Crecimiento de *Prosopis alba* Griseb sometido a diferentes intensidades de poda. Tesis Maestría en Ciencias Forestales. 68 p. Universidad Nacional de Misiones. Misiones. Argentina.
- 3.- **BENÍTEZ, C. G.; PECE, M. DE & FERRARI, J. Y.** 1988. Determinación de curvas de altura en función del diámetro en parcelas experimentales de álamos de la Estación Experimental San Carlos (Departamento Banda, Santiago del Estero). VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero.
- 4.- **BORMANN, F. H. & BERLYN, G.** 1983. Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales. Prólogo VIIIp. México. Compañía Editorial Continental.
- 5.- **BRASSIOLO, M.** 1997. Zur Bewirtschaftung degraderter Wälder im semiariden Chaco Nordargentiniens unter Berücksichtigung der traditionellen Waldweide. Freiburger Forstliche Forschung. Band 14. ISBN 3-933548-14-4.
- 6.- **BURGHARDT, A.; BRIZUELA, M. & PALACIOS, R.** 2000. Variabilidad en plántulas de algunas especies de *Prosopis* L. (FABACEAE). En busca de descriptores morfológicos. *Multequina* 9: 23-33. Buenos Aires. República Argentina.
- 7.- **BUSH, J. & VAN AUKEN, O.** 1991. Importance of time of germination and soil depth on growth of *Prosopis glandulosa* (Leguminosae) seedlings in the presence of a C4 grass. *American Journal of Botany* 78(12): 1732-1739.
- 8.- **CABRERA, A. L.** 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, Fascículo 1, 85 pp. Buenos Aires, Argentina. Ed. ACME.
- 9.- **CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SCHEEREN, L. W.; BARICHELLO, L. R.; WATZLAWICK, L. F.** 2002. Relação hipsométrica para *Acacia mearnsii* com diferentes idades. *Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo*, 45: 57-68. Brasil.
- 10.- **CARRANZA, C. & LEDESMA, M.** 2009. Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. *Actas XIII Congreso Forestal Mundial*. 9 p. Buenos Aires. Argentina.
- 11.- **CATALÁN, L.** 2000. Crecimiento leñoso de *Prosopis flexuosa* en una sucesión post-agrícola en el Chaco Árido: efectos y relaciones de distintos factores de proximidad. Tesis doctoral. 230 p.
- 12.- **COIRINI, R. & KARLIN M.** 2011. Modelos de producción sostenible para la ecorregión de Espinal. Informe técnico en el marco de la consultoría: manual de buenas prácticas y modelos de producción sostenible. *UNIQUE, Forestry and land use*, 17p. Freiburg.
- 13.- **DALMASSO, A.; MASUELLI, R. & SALGADO, O.** 1994. Relación vástago-raíz durante el crecimiento en vivero de tres especies nativas del Monte *Prosopis chilensis*, *Prosopis flexuosa* y *Bulnesia retama*. *Multequina* 3: 35-43

- 14.- DANIEL, O.; PEZZONI, T.; MURILO BUMBIERIS NOGUEIRA, I.; CREMON, T. & TADEU VITORINO, A. 2013. Relações alométricas em árvores de *Pterodon emarginatus* vogel em um sistema silvipastoril 19 (1): 141-149. Cerne, Lavras. Brasil.
- 15.- DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- 16.- DONADONI, A.; PELISSARI, A.; DRESCHER, R. & ROSA, G. 2010. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. *Ciência Rural*, 40 (12): 2499-2504. Santa Maria. Brasil.
- 17.- DURLO, M. A.; SUTILI, F. J. & DENARDI, L. 2004. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. *Ciência Florestal* 14 (2): 79-89. Santa Maria, Brasil.
- 18.- FANG, Z. & BAILEY, R. L. 1998. Height-diameter models for tropical forests on Hainan Island in southern China. *Forest Ecology and Management* 110: 315-327
- 19.- FINGER, C. 1992. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC. 269p.
- 20.- 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.
- 21.- GIMÉNEZ, A. M.; RIOS, N. & MOGLIA, J. G. 1999. Análisis epidométrico y consideraciones anatómicas en *Prosopis alba* Griseb., Algarrobo Blanco, Mimosaceae. Jornadas Forestales De La Región Chaqueña. Roque Saenz Peña, Chaco.
- 22.- GIMÉNEZ, A. M.; MOGLIA, J. G.; HERNÁNDEZ, P. & BRAVO, S. 2000. Leño y la corteza de *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, Mimosaceae, en relación a algunas magnitudes dasométricas. *Revista Forestal Venezolana*. 44(2): 29-37. México.
- 23.- GIMÉNEZ, A. M.; RIOS, N.; MOGLIA, G.; HERNANDEZ, P. & BRAVO, S. 2001. Estudio de magnitudes dendrométricas en función de la edad en *Prosopis alba* Griseb, Mimosácea. *Revista Forestal Venezolana* 45 (2): 175-183. México.
- 24.- GIMÉNEZ, A. M.; RIOS, N. & MOGLIA, G. 2003. Crecimiento de *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron (algarrobo negro) en Santiago del Estero, Argentina. *Foresta Veracruzana* 5(2): 17-22. México.
- 25.- GRULKE, M.; BRASSIOLO, M.; DÍAZ LANES, F.; OBST, K.; ORTÍZ, G.; SOTO, G. & MICHELA, J. 2007. Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la Provincia del Chaco. Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia del Chaco. 135 pp. En: <http://produccion.chaco.gov.ar/Bosques/Forestal%20N/MANUAL.pdf>. Acceso 08 de Diciembre de 2014.
- 26.- HALLE & OLDEMAN, 1970. *Essai Sur L` Architecture Et La Dynamique De Croissance Des Arbres Tropicaux*. Paris. Masson.
- 27.- HALLE, F. 1978. Architectural variation at the specific level in tropical trees. In :Tropical trees as living systems: 209-221 Tomlinson, P.B. y Zimmermann, H. (Eds.). Cambridge.
- 28.- HUSCH, B.; MILLER, CH. I. & BEERS, T. W. 1982. *Forest Mensuration*. 402 pp. Malabar. Florida. Krieger Publishing Company.

- 29.- **IMAÑA, J. & ENCINA, O.** 2008. Epidemiología forestal. 72 pp. Universidad de Brasilia (Brasilia) y Universidad de los Andes (Mérida).
- 30.- **INTA**, 2014. Cartas de suelo del Departamento Castellanos. En <http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/Castellanos/raqu/index.htm>. Acceso: 10 de Diciembre de 2014.
- 31.- **JUÁREZ DE GALÍNDEZ, M.; GIMÉNEZ, A. M.; RIOS, N. & BALZARINI, M.** 2005. Modelación de crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos. Quebracho. Revista de ciencias forestales, 12: 34-42. Santiago del Estero. Argentina.
- 32.- **JUÁREZ DE GALÍNDEZ, M.; PECE, M. G.; GAILLARD DE BENITEZ, C.; SANGUEDOLCE, J.; MARIOT V. & MAZZUCO, R.** 2006. Ecuaciones altura-diámetro para *Ziziphus mistol*, Griseb. en Santiago del Estero, Argentina. Quebracho. Revista de ciencias forestales 13: 36-43.
- 33.- **JUÁREZ DE GALÍNDEZ, M.; PECE, M. G.; GAILLARD DE BENITEZ, C.; SANGUEDOLCE, J.; MARIOT V. & MAZZUCO, R.** 2007. Ecuaciones altura-diámetro en *Prosopis nigra* (Griseb) Hieron (algarrobo negro) en Santiago Del Estero, Argentina. Foresta Veracruzana 9(1):9-14. México.
- 34.- **KARLIN, U. & BERNASCONI, J.** 2005. Tecnologías tradicionales. PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos). Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085 - AR Región del Monte y del Espinal. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Universidad Nacional del Litoral. Universidad Nacional de Córdoba. 14 pp. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20MyE/TecTradicional.pdf>. Acceso 22 de Junio de 2011.
- 35.- **LORENZ, G.** 1995. Caracterización ecológica de un suelo Eutric Regosol bajo bosque en el Chaco Semiárido, Argentina. Quebracho. Revista de ciencias forestales 3: 13-23. Santiago del Estero. Argentina.
- 36.- **MALLEUX, J.** 1970. Estudio de la relación D.A.P con el diámetro de copa en un bosque húmedo sub tropical. Revista forestal del Perú. 4 (1-2): 1-5. Perú.
- 37.- **NAVALL, M. & SENILLANI, M. G.** 2004. Crecimiento y calidad maderera de plantaciones de *Prosopis alba* Gris. (algarrobo blanco) en el Área de Riego del Río Dulce, provincia de Santiago del Estero. XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. Argentina.
- 38.- **PALACIOS, R. & BRIZUELA, M.** 2005. *Prosopis*: Historia y elementos para su domesticación. Agrociencia 9 (1-2): 41-51. V Simposio de recursos genéticos para América Latina y el Caribe.
- 39.- **PECE, M. G.; BENÍTEZ, C.; JUÁREZ, M.; MARIOT, V.; SANGUEDOLCE, J. & PRANZONI, O.** 2006. Modelación de la altura total para Quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebrachocolorado*) Foresta Veracruzana 8(1):1-7. México.
- 40.- **PIARFON** (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos), 2005. Cartilla n°1 Santa Fe. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085 - AR Región del Monte y del Espinal. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Universidad Nacional del Litoral. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20MyE/SF-1cartilla.pdf>. Acceso 08 de Diciembre de 2014.

- 41.- **PRIMER INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS.** 2005a. Proyecto Bosque Nativo y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR 1998-2001. Manual de análisis de fustes. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Salud y Ambiente. 50 pp. http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/nueva_version_manuales/pinbn_manual_analisis_fuste.pdf. Acceso 20 de mayo de 2015.
- 42.- **Pro.So.Bo,** Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2002. <http://www.ambiente.gov>.
- 43.- **SAAVEDRA, S.** 2004. Determinación con base ecológica de la productividad potencial forestal en la provincia de Santiago del Estero. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Madrid, Esc. Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- 44.- **SARAVIA, P.** 1999. Muestreo diagnóstico en tres sitios del bosque Chimanes. Documento Técnico 75. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 36 pp. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACG762.pdf. Acceso 08 de Diciembre de 2014.
- 45.- **SCOLFORO, J.** 1997. Biometría forestal: técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipso-métrica e múltiplos produtos da madeira. Lavras: UFLA/FAEPE/DCF, 298p.
- 46.- **TALEISNIK, E. & LAUNESTEIN D. L.** 2011. Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral* 21:3-14. Asociación Argentina de Ecología. Argentina.
- 47.- **TORTORELLI, L. A.** 2009. Maderas y bosques argentinos – 2ª ed. Actualizada 515 p. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. Argentina.
- 48.- **VILELA, A.; BRIZUELA, M. & PALACIOS, R.** 1996. Influencia del riego sobre el tamaño de las hojas y el crecimiento en altura y diámetro en *Prosopis alba*, *P. flexuosa* y *P. alpataco* (Mimosaceae), cultivados bajo invernadero. *Revista Investigación Agraria, Sistemas y recursos Forestales* 5 (1): 45-55. España.
- 49.- **VILELA, A.; BRIZUELA, M. & PALACIOS, R.** 1997. Utilización de especies nativas Argentinas: Tasa de crecimiento y ramificación en *P. alba*, *P. flexuosa* y *P. alpataco*. *Forestación y Silvicultura en zonas áridas y semiáridas de Chile.* INFOR, CORFO. 118-126 pp. Chile.
- 50.- **VILLAGRA, P.** 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina* 9(2): 35-51. Mendoza. Argentina.
- 51.- **VILLAGRA, P.; MORALES, M.; VILLALBA, R. & BONINSEGNA, J.** 2002. Dendroecología de los algarrobales de la zona árida Argentina. En: http://www.cri-cyt.edu.ar/libro_ianigla/053%20villagra.pdf. Acceso: 08 de Diciembre de 2014. P. 53-57.
- 52.- **VILLALBA, R.** 1988. Dendrocronología: su aplicación al manejo dasonómico de los algarrobales (*Prosopis*) en la Argentina. Documento preliminar del primer taller internacional sobre recurso genético y conservación de germoplasma en *Prosopis*. Coop. Técnica división de recursos forestales, departamento montes, FAO. [ar/?aplicacion=normativa&IdNorma=301&IdSeccion=0](http://www.fao.org/docrep/019/a6801s01.htm). Acceso 18 de Mayo de 2015.