

Efecto de la procedencia sobre el comportamiento productivo de *Prosopis alba* en plantación

Provenance effect on productive behavior of *Prosopis alba* within plantation

María Laura Fontana^{1,2*}, Víctor Ramón Pérez³, Claudia Verónica Luna^{1,4}

1.Universidad Nacional del Nordeste - Facultad de Ciencias Agrarias - Cátedra de Silvicultura. Sgto. Cabral N° 2131, Corrientes. CP 3400 -Argentina. 2.INTA - Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña. Ruta Nacional 95 - Km. 1108, Presidencia Roque Sáenz Peña (Chaco). CP 3700 -Argentina. *Email: ma.la.fo@hotmail.com. 3.Universidad Nacional de Formosa - Facultad de Recursos Naturales - Cátedra de Silvicultura. Av. Dr. Luis Gutnisky N° 3200, Formosa. CP 3600 -Argentina. Email: victorforestal8@gmail.com. 4.CONICET - Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE). Sgto. Cabral N° 2131, Corrientes. CP 3400 -Argentina. Email: claudiaverluna@gmail.com. *Autor para correspondencia: ma.la.fo@hotmail.com.

Rec.: 2019-05-16 Acep.: 2020-01-09

Resumen

Prosopis alba (algarrobo blanco) es una especie forestal nativa utilizada principalmente para aserrío en Argentina. La Ley 27.487/19 de fomento forestal considera las densidades y prácticas adecuadas para el logro de madera de calidad. Además del buen manejo, la correcta selección del origen del material genético es una estrategia importante para la obtención de buenos rendimientos de madera. Con el objeto de evaluar el comportamiento de plantas de *P. alba* de tres procedencias se establecieron ensayos en las localidades de Corrientes y Chaco (Argentina). Se trabajó con plantines logrados a partir de semillas de las procedencias Santiagueña, Chaqueña y Salta Norte. Una vez establecidos en campo se evaluó el índice de respuesta neta y cuatro variables dasométricas (altura total, diámetro a la altura del cuello, volumen de árbol en pie e incremento corriente anual). No se detectó efecto del origen geográfico de las plantas sobre la sobrevivencia. Considerando los parámetros dasométricos estudiados, la procedencia Salta Norte resultó superior respecto a las procedencias Chaqueña y Santiagueña. En Sáenz Peña (Chaco) todas las variables dasométricas evaluadas resultaron estadísticamente superiores, mientras que en Corrientes solamente el diámetro a la altura del cuello y altura total fueron superiores. Se observó que la procedencia Salta Norte se destaca como la de mejor comportamiento en ambas localidades. Por tanto, se concluye que la procedencia del germoplasma de *P. alba* influye en su comportamiento productivo.

Palabras clave: Algarrobo blanco; altura; crecimiento; diámetro; incremento corriente anual; origen.

Abstract

Prosopis alba is one of the most widely used native forest species for sawmilling in Argentina. The forestry development law N° 27.487/19 considers the plantation of this specie taking into account densities and suitable practices for quality wood achievement. Coupled with good management right selection of the origin of the genetic material is a strategy that contributes to obtain good yields. In order to evaluate the behavior of *P. alba* three provenances plants were established in Corrientes and Chaco to assess their performance in these environments. It was worked with seedlings compound by seeds from the provenance of Santiago, Chaco and North Salta. As established on field, net response rate and four dasometric variables (total height, diameter at neck height, standing tree volume and annual current increase) were evaluated. Effect of plants' geographical origin over survival was not detected. In consideration of dasometric studied parameters, North Salta provenance was higher than the ones from Chaco and Santiago. In Sáenz Peña (Chaco) for this provenance all the evaluated dasometric variables were statistically greater, whereas in Corrientes they only were the diameter at neck height and total height. It has been proved that North Salta provenance stands out as the one with the best behavior in both tested locations. Therefore, it is concluded that the geographic origin of *P. alba* germplasm influences its productive behavior.

Keywords: annual current increase; diameter; growth; height; origin; white carob tree.

Introducción

El éxito de una plantación maderera comercial está relacionado con la correcta selección de las especies y sus procedencias, así como el manejo durante su ciclo productivo. Prueba de ello es que los aumentos de productividad dentro del sector forestal responden a resultados obtenidos en programas de investigación enfocados en mejoramiento genético y silvicultura intensiva (Rubilar, Fox, Allen, Albaugh y Carlson, 2008). El mejoramiento de las plantaciones depende en gran medida de la disponibilidad de material adaptado que garantice la sostenibilidad y la productividad del recurso forestal; por tanto, la selección de especies, clones y/o procedencias adaptados a los requerimientos actuales, así como la disponibilidad de variabilidad genética, son fundamentales para afrontar los nuevos desafíos de mercados y producción de madera (Marcó, 2005; White, Adams y Neale, 2007). *Prosopis alba* (Griseb.) o algarrobo blanco es una especie leñosa de amplia distribución natural en Sudamérica. Se encuentra en Argentina, Uruguay, Paraguay, en el pantanal de Brasil, sur de Bolivia y norte de Chile y Perú (Delvalle, Atanasio, Ayala, Svriz y Petkoff, 2003). Muy valorada por su madera, es una de las especies nativas de mayor uso para aserrío en Argentina y, debido a que la totalidad de la madera de algarrobo consumida proviene de bosques nativos, la explotación del recurso resulta insostenible, no sólo desde el punto de vista ambiental sino también económico (Venier et al., 2013).

En este contexto, y dada la potencialidad de la especie para algunas regiones, la Ley Nacional de inversiones para bosques cultivados fomenta la forestación con *Prosopis* spp. en 13 provincias de Argentina, contemplando las densidades de plantación y prácticas de manejo necesarias para el logro de madera de calidad (Boletín Oficial de la República Argentina, 2019).

La correcta selección del material genético es una estrategia básica para la obtención de buenos rendimientos (Callahan, 1964). La determinación de la procedencia geográfica de una especie es importante, ya que las plantas se adaptan mejor en las condiciones ambientales donde crecen por selección natural (White et al., 2007). Si los factores ambientales de los sitios de plantación son diferentes a los de la distribución natural de la especie, las plantaciones tendrán problemas de adaptación, mortandad o simplemente, crecimientos inferiores a los deseados (Sáenz, 2004). En este sentido, los ensayos de procedencia resultan una herramienta útil para evaluar la variación de rasgos adaptativos (plasticidad) entre poblaciones de una misma especie (Nabais et al., 2018) y su principal objetivo práctico es identificar las procedencias (áreas geográficas de origen) cuyas semillas dan lugar a bosques productivos

y bien adaptados (Burley, 1969). Tomando en cuenta la importancia de la especie evaluada y la utilidad de la información generada, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de plantas de *P. alba* de tres procedencias en dos ambientes diferentes.

Materiales y métodos

Material vegetal

Los plantines de *P. alba* utilizados fueron obtenidos de la siembra de semillas provenientes de tres rodales semilleros: (1) Santiaguense: 27°52'44"S-64°9'16"W, a 15 km al sudeste de la ciudad de Santiago del Estero a orillas del río Dulce, con temperatura media anual de 20.7 °C y 579 mm precipitación media anual; (2) Chaqueño: 24°15'58"S-61°54'00"W, en el extremo oeste de la provincia de Formosa a orillas del río Bermejo, temperatura media anual de 22.8 °C y precipitación media anual de 678 mm; y (3) Salta Norte: 22°12'10"S-63°40'33"W, en el extremo norte de la provincia de Salta, con temperatura media anual de 21.9 °C y precipitación media anual de 1054 mm. Los plantines fueron obtenidos según el protocolo recomendado por Fontana et al. (2018).

Áreas de estudio

Se implantaron sendos ensayos en dos localidades diferentes: (1) Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Sáenz Peña (ensayo-1), en la localidad de Sáenz Peña, Chaco (26°49'42.62"S-60°26'42.56"W), en un Argiustol údico (serie Chaco) y temperaturas media, máxima media y mínima media de 25, 31.3 y 19 °C en el período estival y de 17.6, 24.2 y 11.7 °C en el período invernal, respectivamente; 1266 mm de precipitación acumulada en el primer período y 663.7 mm en el segundo; y (2) Campo Didáctico Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (CDEA) (ensayo-2) en la ciudad de Corrientes (27°28'33.3"S-58°47'00.1"W) en un Udipsament árgico (serie Ensenada Grande) y temperaturas media, máxima media y mínima media de 25.7, 31.3 y 20.9 en el período estival y de 19, 23.9 y 14.9 °C en el período invernal; 2688.3 mm de precipitación acumulada en el período estival y 1848.2 mm en el período invernal.

Los datos de clima utilizados fueron tomados en las estaciones meteorológicas automáticas de la EEA INTA Sáenz Peña en Chaco (26°50'23.99"S-60°26'23.99"W) y del Instituto Correntino del Agua y el Ambiente en Corrientes (27°28'18"S-58°49'20"W).

En ambos ensayos la preparación del suelo consistió en dos pasadas de rastra de discos 2 meses antes de la plantación de los materiales.

En ambos lugares, para el control de hormigas se aplicó Formidor®, p.a. Fipronil 0.003% en la dosis especificada por el fabricante, según el género de hormiga identificada en el monitoreo.

La siembra en ambos ensayos se hizo en octubre a una distancia de 4 x 4 m entre plantas, para un total de 625 plantas/ha. El ensayo-1 (S. Peña-Chaco) fue plantado el 13 de octubre de 2015, mientras que el ensayo 2 (Corrientes) se plantó el 23 de octubre del mismo año; en ambos se aplicó un riego inicial y otro 15 días después. El ataque de roedores determinó la reposición de plantas y la consiguiente protección utilizando un soporte de PVC de 50 cm de alto fijado en el suelo.

El ensayo tuvo una duración de 2 años, tiempo durante el cual se hizo control de hormigas y de malezas por método químico mediante aplicación dirigida de herbicida al 2% (Panzer® Gold, p.a. glifosato sal dimetilamina 60.8%) entre plantas y, en las entrelíneas se hizo control mecánico con desmalezadora. En el período de ensayo se realizaron podas de formación selectiva a nivel de árbol, eliminando bifurcaciones y ramas verdes que competían con el eje principal.

Evaluación del comportamiento en campo

El comportamiento de cada procedencia fue evaluado utilizando los parámetros siguientes:

Índice de respuesta neta (IR), propuesto por Armas, Ordiales y Pugnaire, (2004), ecuación 1:

$$IR = (S1 - S2)/(S1 + S2) \quad \text{Ec. 1}$$

donde, $S1$ y $S2$ corresponden a las supervivencias de las distintas procedencias. Este índice varía entre 0 (no hay efecto de la procedencia) y 1 (la supervivencia es 100% superior en una partida que en la otra), siendo insensible a los valores absolutos de supervivencia. La comparación entre las dos procedencias que mostraron el mejor comportamiento se hizo al finalizar el segundo año desde la plantación.

Variables dasométricas:

Altura total: Se utilizó una cinta métrica con precisión de 1 mm para registrar la altura de planta hasta el meristemo apical.

Diámetro a la altura del cuello (DAC): Correspondiente al diámetro a ras del suelo del tronco o tallo de cada árbol. Las mediciones se realizaron con un calibre digital de precisión de 0.1 mm y los resultados se expresaron en centímetros.

Volumen de árbol en pie: Se utilizó el método de segmentación visual de Born y Chojnacky (1985) que consiste en la segmentación visual de tallos y el cálculo del volumen de cada segmento,

cuya suma indica el volumen total por árbol. Para la estimación del volumen (V) se siguió el procedimiento de Smalian (British Columbia Government, 2011), ecuación 2:

$$V = (AB + ab)/2 * h \quad \text{Ec. 2}$$

donde, AB es el área de la sección mayor; ab es el área de la sección menor y h la longitud de la troza. Las áreas basales (AB y ab) se determinaron con la ecuación 3:

$$A = \text{diámetro}^2 * 0.7854. \quad \text{Ec. 3}$$

Incremento Corriente Anual (ICA): Con los volúmenes de 2 años consecutivos se calculó el incremento alcanzado en un año, ecuación 4:

$$ICA = Y_{(t+1)} - Y_t \quad \text{Ec. 4}$$

donde, Y es la dimensión considerada (volumen) y t la edad (12 y 24 meses).

Diseño experimental y análisis estadístico

De acuerdo con las recomendaciones de Burley et al. (1979) y Read y French (1993), el diseño utilizado fue bloques completos al azar con tres tratamientos (procedencias) y tres repeticiones, donde la unidad experimental consistió en 12 plantas/tratamiento. Los datos fueron analizados estadísticamente con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2011). El análisis de la varianza se hizo por comparación de las medias de los tratamientos a través de la prueba de Duncan ($P < 0.05$), empleando el modelo siguiente, ecuación 5:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ec. 5}$$

donde, μ es la media general, el efecto del i -ésimo tratamiento, β_j el efecto del j -ésimo bloque ($j = 1, \dots, b$) y ε_{ij} es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Resultados

La supervivencia de las procedencias a través de los valores de índice de respuesta neta (IR) no fue significativo en ambos ensayos, siendo para S. Peña-Chaco ($P = 0.1501$) y para Corrientes ($P = 0.2937$). En todos los casos los valores de IR fueron estadísticamente iguales a cero (0), lo que indica que la procedencia no tuvo efecto sobre la supervivencia de las plantas.

Las medidas de las variables dasométricas registradas durante dos ciclos de crecimiento (Tabla 1) en Salta Norte mostraron valores más

altos que en las demás procedencias; asimismo, los coeficientes de variación de las procedencias Chaqueña y Santiagueña fueron mayores, lo que indica mayor heterogeneidad entre plantas respecto a los caracteres evaluados.

El análisis de la varianza mostró que para el ensayo conducido en S. Peña la procedencia Salta Norte resultó diferente y superior a las procedencias Chaqueña y Santiagueña para todas las variables en ambas mediciones (Tabla 2). Por el contrario, en el ensayo de Corrientes, Salta Norte resultó significativamente superior para las variables DAC y altura total en el tiempo de evaluación, pero no así en volumen.

El análisis de la varianza del incremento corriente anual (ICA) (Tabla 3) mostró que en el ensayo-1 la procedencia Salta Norte fue diferente y superior a las demás ($P < 0.05$). El ICA mínimo de las procedencias Salta Norte fue 2670 y 2841% superior a las procedencias Chaqueña y Santiagueña respectivamente, e igualmente el ICA máximo fue 244 y 501% mayor. En Corrientes no se encontraron diferencias estadísticas entre procedencias para el ICA; mientras que la procedencia Chaqueña fue la que presentó el valor superior más alto (3491.88 cm³), aunque algunas plantas no aumentaron el volumen en el transcurso del año.

Tabla 2. Análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples (Duncan) de las medias \pm DE para las variables DAC (cm), altura (cm) y volumen (cm³) de plantas de *Prosopis alba* de tres procedencias durante 2 años de evaluaciones.

	P	Año 1			Año 2		
		DAC	Altura	Volumen	DAC	Altura	Volumen
EEA INTA S. Peña	Ch	2.2 \pm 0.6 ^a	130.3 \pm 43.1 ^a	263.5 \pm 189 ^a	3.6 \pm 1.1 ^a	198.4 \pm 63.9 ^a	1324.1 \pm 1119.8 ^a
	Sg	2.1 \pm 0.5 ^a	112.2 \pm 31 ^a	208.3 \pm 127.3 ^a	3.2 \pm 0.8 ^a	167.9 \pm 39.8 ^a	824.9 \pm 610.9 ^a
	SN	3.2 \pm 0.6 ^b	193.5 \pm 43.9 ^b	760.8 \pm 384.4 ^b	5.6 \pm 1.0 ^b	288.3 \pm 65.1 ^b	4751.6 \pm 2797.8 ^b
	p-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
CDEA Corrientes	Ch	1.1 \pm 0.6 ^a	108.4 \pm 41.3 ^a	52.0 \pm 91.3	1.4 \pm 0.9 ^a	124.8 \pm 53.7 ^a	305.5 \pm 900.1
	Sg	1.0 \pm 0.3 ^a	104.9 \pm 39.2 ^a	40.6 \pm 49.1	1.4 \pm 0.5 ^a	126.5 \pm 43.6 ^a	132.92 \pm 128.3
	SN	1.5 \pm 0.4 ^b	136.9 \pm 41.2 ^b	90.7 \pm 74.0	2.5 \pm 0.8 ^b	181.6 \pm 53.3 ^b	491.2 \pm 411.0
	p-valor	0.0173	0.047	0.1128	0.0001	0.0034	0.3282

P: procedencia; Ch: Chaqueña; Sg: Santiagueña; SN: Salta Norte; DAC: diámetro a la altura de cuello.

*Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 1. Variables dasométricas de plantas de *Prosopis alba* de tres procedencias evaluadas durante 2 años en dos localidades.

	P	Año 1 (2016)					Año 2 (2017)					
		Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	
EEA INTA S. Peña	DAC (cm)	Ch	2.2	0.6	27.1	0.8	2.9	3.6	1.2	32.2	1.9	5.8
		Sg	2.1	0.5	22.3	1.3	3.2	3.2	0.9	26.7	2	4.7
		SN	3.2	0.6	18.9	2.1	4.2	5.6	1	18.3	4.1	7
	H (cm)	Ch	130.3	43.1	33.1	68	200	198.4	63.9	32.2	90	300
		Sg	112.2	31	27.7	83	190	167.9	39.8	23.7	104	270
		SN	193.5	43.9	22.7	99	250	288.3	65.1	22.6	170	400
	Volumen (cm ³)	Ch	263.5	189	71.7	17.5	705.2	1324.1	1119.8	84.6	104.2	4672.6
		Sg	208.3	127.3	61.1	63	500.7	824.9	610.9	74.1	151.5	2570
		SN	760.8	384.4	50.5	156	1517.2	4751.6	2797.8	58.9	1178.5	11721.6
CDEA Corrientes	DAC (cm)	Ch	1.1	0.6	59.2	0.5	3.1	1.4	0.9	64.5	0.5	4.5
		Sg	1.1	0.4	33.7	0.5	2	1.4	0.5	34.8	0.8	2.4
		SN	1.5	0.4	26.9	0.8	2.2	2.5	0.8	31	0.8	4.3
	H (cm)	Ch	108.4	41.4	38.1	53	236	124.8	53.7	43	61	296
		Sg	104.9	39.3	37.4	45	172	126.5	43.6	34.4	53	190
		SN	136.9	41.2	30.1	36	212	181.6	53.3	29.4	45	288
	Volumen (cm ³)	Ch	52	91.3	175.7	5.3	405	305.5	900.1	294.6	9.2	3896.9
		Sg	40.6	49.1	121	5	216.1	132.9	128.3	96.5	19.7	380.9
		SN	90.7	74	81.6	1.8	288.8	491.2	411.1	83.7	15.6	1790.4

P: procedencia; Ch: Chaqueña; Sg: Santiagueña; SN: Salta Norte; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación; DAC: diámetro a la altura del cuello.

Los coeficientes de variación más bajos fueron los de la procedencia Salta Norte, siendo evidente que la variabilidad de cada material fue mayor en Corrientes con relación a S. Peña.

Tabla 3. Análisis de la varianza y prueba de comparaciones múltiples (Duncan) para el incremento corriente anual (ICA) en volumen (cm³) de plantas de *Prosopis alba* de tres procedencias evaluadas en dos localidades.

	P	Media	D.E.	C.V.	Mínimo	Máximo
EEA INTA S. Peña	Ch	1060.6 ^a	1035.6	97.6	36.5	4260.1
	Sg	616.6 ^a	500	81.1	34.3	2069.4
	SN	3990.8 ^b	2537.3	63.6	974.1	10373.5
	p-valor	<0.0001	—	—	—	—
CDEA Corrientes	Ch	268.5 ^a	833.6	310.5	0	3491.9
	Sg	92.4 ^a	99.1	107.3	3.3	320.1
	SN	400.8 ^a	360.6	90	3.6	1501.6
	p-valor	0.3925	—	—	—	—

P: procedencia; Ch: Chaqueña; Sg: Santiagueña; SN: Salta Norte; D.E.: desvío estándar; C.V.: coeficiente de variación.

*Medias con una letra distinta en cada localidad son significativamente diferentes (p<0.05).

Discusión

La supervivencia como carácter de comportamiento es influenciada por la procedencia, lo cual es debido a que presiones de selección diferentes dan lugar a distintas adaptaciones (Climent, Gil, Pérez y Pardos, 2002) que determinan la capacidad de un germoplasma para establecerse en un ambiente.

Considerando los ambientes en este ensayo, se observa que las temperaturas promedio de ambos sitios están por encima de aquellas en las procedencias. Por otra parte, el régimen pluviométrico en S. Peña fue similar al de Salta y más húmedo que en Santiago del Estero y Formosa; mientras que en Corrientes se presentaron mayores precipitaciones estacionales que en las tres procedencias geográficas en estudio. South Rose y McNabb (2001) mencionan que los factores que afectan el establecimiento de las plantas son las condiciones ambientales, el manejo, su morfología y su fisiología, conjuntamente con los factores genéticos modelados por la procedencia (Climent et al., 2002).

Si bien los ambientes en ambos ensayos fueron sensiblemente diferentes, la correspondencia en el IR indica que las tres procedencias tienen condiciones que les permiten establecerse en los sitios estudiados, más allá de las diferencias (caracteres morfológicos y calidad de planta) encontradas entre ellas en condiciones de vivero (Fontana, Pérez y Luna, 2018), las cuales tendrían efecto en su supervivencia.

En cuanto al éxito del establecimiento de las diferentes procedencias, Bush y Van Auken (1991) sostienen que existen dos etapas clave en el establecimiento de las plantas de algarrobo que se caracterizan por una alta mortalidad; la primera, ocurre en el establecimiento de la plántula y la segunda, en el pasaje de plántula a renovación. No obstante, una vez superada la etapa de plántula la supervivencia es alta, por ello el comportamiento durante las etapas iniciales es un buen indicador de la sobrevivencia y desempeño en campo, lo que se observó en este ensayo.

Al igual que la supervivencia, las variables dasométricas son parámetros que se incluyen en los ensayos de procedencias para estudiar el comportamiento de diferentes poblaciones en ambientes distintos y facilitan la elección del origen geográfico de la semilla más adecuado para cada sitio de plantación (López Lauenstein et al., 2015). Palacios y Brizuela (2005) consideran que la caracterización del material biológico disponible es de gran utilidad en las propuestas de reforestación con algarrobo y debe partir de germoplasma seleccionado por genotipo y productividad.

En 2011, en el marco del programa de Domesticación y mejoramiento de especies forestales nativas e introducidas para usos de alto valor (PROMEAF), se establecieron en cinco sitios distintos ensayos de procedencias que incluyeron plantas originadas a partir de semillas de los rodales Salta Norte (Campo Durán, Salta), Chaqueño (Isla Cuba, Formosa) y Santiagueño (Chañar Bajada, Santiago del Estero), además de otros siete materiales (López Lauenstein et al., 2015). Las evaluaciones realizadas en estos ensayos concuerdan con la información generada en el presente trabajo, incluso en la localidad de Corrientes, donde no existen precedentes en dicha temática.

Al finalizar el primer año, en los registros de la red de ensayos (PROMEAF) se destaca la procedencia Salta Norte frente a otros sitios de evaluación, tanto por diámetro como por altura de planta, sobresaliendo el sitio Laguna Yema que presentó el mayor crecimiento de las plantas de todos las procedencias, con DAC en el rango de 3.5 a 4 mm para Salta Norte y entre 1.5 y 2 mm para las procedencias Chaqueña y Santiagueña y altura total entre 2 y 2.5 m para Salta Norte y entre 1.5 y 2 m para Chaco y Santiago del Estero (López Lauenstein et al., 2012).

Estos registros son similares a los observados en el presente ensayo en S. Peña para las mismas procedencias y diferentes a los de Corrientes donde todas las variables presentaron menores valores. López Lauenstein et al. (2015) encontraron que, para todos los materiales, los mayores crecimientos ocurren en áreas con

precipitaciones entre 700 y 500 mm/año (Laguna Yema –Formosa- y Fernández –Santiago del Estero) y los valores más bajos se ordenan de manera inversamente proporcional al registro pluviométrico del sitio.

Lo anterior explicaría los resultados contrastantes encontrados en el presente trabajo, así, en S. Peña, con 964 mm/año, ocurrieron altas tasas de crecimientos en DAC, altura y volumen; a diferencia, los registros en Corrientes, con 2268 mm/año, son del orden de 50% para DAC y entre 2 y 5 veces menor para altura y volumen. Cabe mencionar que las diferencias encontradas están también asociadas con las características edáficas de los sitios. Vicentini, Pérez y Rhiner (2012) observaron en Formosa que en la primera etapa de plantación el desarrollo y el crecimiento de los árboles son afectados por la textura de los suelos indicando que aquellas finas (arcillosas) resultan desfavorables en periodos secos ya que retardan el desarrollo radical.

De igual forma, Kees et al. (2017) señalan que la altura de los árboles es mayor en suelos con textura ligera. Lo anterior contrasta con los resultados encontrados en el presente trabajo para la localidad S. Peña, donde los mayores crecimientos se lograron en el sitio con suelo de textura más fina (serie Chaco). Probablemente durante los años de evaluación la interacción suelo-régimen pluviométrico posibilitó la disponibilidad de agua necesaria, sin encharcamiento ni endurecimiento del suelo, lo que determinó que en este sitio las plantas se desarrollaran mejor que en Corrientes, donde los suelos son de textura más gruesa, pero las precipitaciones están muy por encima del rango de preferencia (300 a 600, hasta 1200 mm) mencionado por Galera y Bruno (1993).

La revisión bibliográfica mostró que en los estudios consultados no se registraron variables simples como DAC y altura en el segundo año ni en el volumen y su incremento (*ICA*) en un período determinado. Por tanto, no es posible comparar los resultados en el presente trabajo con los de otros autores, no obstante sí coinciden con los hallazgos de Vilela, Brizuela y Palacios (1996) y Ledesma, De Bedia y López (2008) quienes sostienen en base a resultados experimentales, que el diámetro y la altura están correlacionadas con el genotipo de las plantas y las condiciones de crecimiento.

La predominancia de *ICA* de la procedencia Salta Norte en S. Peña es explicable a través del comportamiento en ambientes naturales del algarrobo, que presenta bajas tasas de crecimiento especialmente durante los primeros años de vida, sobre todo cuando las condiciones no son favorables, determinándose que la variabilidad

climática es un factor determinante (Villagra, 2000). Bender, Araujo, Perreta y Moglia (2015) sugieren que el factor más limitante es la disponibilidad de agua ya que existe una correlación positiva entre ésta y el crecimiento en altura de la planta (Vilela et al., 1996). No obstante con el exceso de agua por encima de 1200 mm, los incrementos en este índice se reducen.

En ambos ensayos se encontró que los individuos de la procedencia Salta Norte tuvieron mejor desempeño en comparación con las demás. Este origen (Salta Norte, Campo Durán) fue seleccionado como el mejor de acuerdo con los resultados de la Red de ensayos de progenies conducidos desde 2011, y fue seleccionado como prioritario en el proceso de mejoramiento por su alto desempeño en una gran variedad de ambientes (López Lauenstein et al., 2015), entre los que se figuran Sáenz Peña y Corrientes, ambos incluidos en el presente trabajo.

Conclusiones

En el estudio no se encontraron efectos del origen de los materiales en la sobrevivencia de las plantas, siendo similares los índices de respuesta neta en ambos sitios de evaluación.

Los parámetros dasométricos fueron superiores en la procedencia Salta Norte en comparación con las procedencias Chaqueña y Santiagueña. En Sáenz Peña todas las variables dasométricas evaluadas (DAC, altura total y volumen) resultaron estadísticamente superiores, mientras que en Corrientes solamente lo fueron el DAC y altura total de planta.

Los resultados muestran que la procedencia Salta Norte se destaca como la de mejor comportamiento para los parámetros evaluados, por lo que se debe considerar de prioridad en el proceso de mejoramiento de algarrobo por su alto desempeño en diferentes ambientes.

Referencias

- Armas, C., Ordiales, R., y Pugnaire, F. I. 2004. Measuring plant interactions: a new comparative index. *Ecology* 85(10):2682-2686. DOI: 10.1890/03-0650
- Bender, A., Araujo, J., Perreta, M., y Moglia, J. 2015. Magnitudes dendrométricas de cuatro poblaciones de Algarrobo Blanco (*Prosopis alba* Griseb.) de diferentes edades. *FAVE Sección Ciencias Agrarias* 14(1):17-32.
- Boletín Oficial de la República Argentina. (4 de enero de 2019). Ley 27.487 - Inversiones Forestales. Obtenido de Boletín Oficial de la República Argentina: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/199519/20190104>

- Born, D. J., y Chojnacky, D. C. 1985. Woodland tree volume estimation: A visual segmentation technique. USA: USDA - Forest Service.
- British Columbia Government. 2011. Scaling Manual. Obtenido de The official website of the Government of British Columbia: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/forestry/timber-pricing/harvest-billing/timber-scaling/scaling_amendment_3.pdf
- Burley, J. 1969. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. *Unasylva* 23:24-28.
- Burley, J., Wood, J., Adlard, P. G., Andrew, I. A., Burley, J., Greaves, A., Wright, H. L. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los Tropicos. Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford.
- Bush, J. K., y Van Auken, O. W. 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.
- Callaham, R. Z. 1964. Investigación de procedencias: estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. *Unasylva* 18(2-3):40-50.
- Climent, J. M., Gil, L., Pérez, E., y Pardos, J. A. 2002. Efecto de la procedencia en la supervivencia de plántulas de *Pinus canariensis* Sm. en medio árido., 11(1), 171-180. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 11(1):171-180.
- Delvalle, P., Atanasio, M., Ayala, M., Svriz, I., y Petkoff, J. 2003. Ensayo de orígenes de *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo blanco). Recuperado el 3 de enero de 2019, de INTA Colonia Benítez: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-ensayo_de_origenes_de_prosopis_alba_griseb_alga.pdf
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, M., Tablada, M., y Robledo, C. 2011. InfoStat Software Estadístico versión 2011. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Fontana, M. L., Pérez, V. R., y Luna, C. V. 2018. Efecto del origen geográfico en la calidad morfológica de plantas de *Prosopis alba* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical* 66(2):593-604.
- Galera, F. M., y Bruno, S. 1993. Avances en el conocimiento de la bioecología de cuatro especies del género *Prosopis* de interés forrajero del noroeste de la Prov. de Córdoba. XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (Grupo Chaco). págs. 68-76. Santiago del Estero.
- Kees, S. M., López, A. E., Rojas, J. M., Roldán, M. F., Zurita, J. J., y Brest, E. F. 2017. Características edáficas y su relación con la altura dominante en plantaciones de *Prosopis alba* en la provincia del Chaco. *Revista Forestal Yvyrareta* 24:7-12.
- Ledesma, T., De Bedia, G., y López, C. 2008. Productividad de *Prosopis alba* Griseb. en Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1):5-9.
- López Lauenstein, D., Vega, C., Ritter, R., Venier, P., Gómez, C., y Verga, A. 2012. Ensayos de orígenes de *Prosopis alba*. Segunda Reunión Nacional del Algarrobo, págs. 65-67. Córdoba.
- López Lauenstein, D., Veja, C., Luna, C., Sagadin, M., Melchiorre, M., Pozzi, E., . . . Verga, A. 2015. Subprograma *Prosopis*. En *Domesticación y mejoramiento de especies forestales*. págs. 113-135. Buenos Aires, Argentina: MAGyP, UCAR, INTA.
- Mesen, F. 1994. Selección de especies y procedencias forestales. En: Manual del curso regional sobre identificación, selección y manejo de rodales semilleros. págs. 11-28. Turrialba, Costa Rica: Prosefor, CATIE.
- Nabais, C., Hansen, J.K., David-Schwartz, R., Klisz, M., López, R., y Rozenberg, P. 2018. The effect of climate on wood density: What provenance trials tell us? *Forest Ecology Management* 408:148-156. DOI: 10.1016/j.foreco.2017.10.040
- Palacios, R., y Brizuela, M. 2005. *Prosopis*: Historia y elementos para su domesticación. *Agrociencia* 9(1-2):41-51.
- Read, D.M. y French, J.H. 1993) Guidelines for managing international Neem provenance trials. Report of Working Group One. En *Genetic improvement of Neem: Strategies for the future; Proceedings of the International Consultation on Neem Improvement*: Kasetsart University, Bangkok, Thailand: Pub.: Winrock International, USA.
- Rubilar, R., Fox, T., Allen, L., Albaugh, T., y Carlson, C. 2008. Manejo intensivo al establecimiento de plantaciones forestales de *Pinus* sp. y *Eucalyptus* sp. en Chile y Argentina. *Informaciones agronómicas del cono sur* 40:1-6.
- Sáenz, C. A. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. En J. Vargas-H, B. Bermejo-V, & F. Ledig. *Manejo de Recursos Genéticos Forestales*, Segunda Edición. págs. 73-86. México: Colegio de Postgraduados de Montecillo (México) y Comisión Nacional Forestal (Zapopan, Jalisco).
- South, D. B., Rose, R. W., y Mcnabb, K. L. 2001. Nursery and site preparation interaction research in the United States. *New Forests* 22:43-58.
- Venier, P., Cosacov, A., López Lauenstein, D., Vega, C., y Verga, A. 2013. Impacto del cambio climático sobre la distribución de *Prosopis hassleri* y *P. alba* en la región Chaqueña. *Producción forestal* 7(3):35-38.
- Vicentini, G. M., Pérez, V. R., y Rhiner, G. R. 2012. Evaluación edafológica y silvicultural de forestaciones de *Prosopis alba* como base para una clasificación según calidades de sitio. Reunión Nacional del Algarrobo. págs. 111-113. Córdoba.
- Vilela, A., Brizuela, M., y 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.
- Villagra, P. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina* 9(2):35-51.
- White, T., Adams, T., y Neale, D. 2007. Tree improvement programs. En T. Fenning, *Forest genetics*. págs. 285-302. USA: CABI Publishing.