



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Evaluación de parámetros de calidad en semillas y plantas de *Prosopis alba* de
distintas procedencias**

**Ma. Laura Fontana
Ingeniera Agrónoma**

**Director
Dra. Claudia Luna**

**Co-Director
MSc. Víctor Pérez**

2019

ÍNDICE GENERAL

Prefacio	i - vi
Capítulo I: Introducción antecedentes del género y especie	1
Características evolutivas del género <i>Prosopis</i> spp.	2
<i>Prosopis alba</i> : importancia y distribución en Argentina	16
Hipótesis	34
Objetivos general y específicos del trabajo	34
Anexos	35
Capítulo II: Influencia de la procedencia geográfica sobre caracteres inherentes a morfometría y calidad de semillas	40
Introducción	41
Material y métodos	44
Resultados	49
Discusión	59
Consideraciones generales	67
Anexos	69
Capítulo III: Influencia de la procedencia en parámetros de calidad morfológica de plantines forestales	85
Introducción	86
Material y métodos	88
Resultados	90
Discusión	91
Consideraciones generales	97
Anexos	98
Capítulo IV: Influencia de la procedencia geográfica sobre sobrevivencia y variables dasométricas	102
Introducción	103
Material y métodos	111
Resultados	113

Discusión	114
Consideraciones generales	118
Anexos	119
Capítulo V: Conclusiones y perspectivas futuras	125
Bibliografía	130

RESUMEN

Con el objeto de determinar las diferencias en semillas y plantas de *Prosopis alba* de las procedencias Salta Norte, Santiagueña y Chaqueña, se caracterizó morfométricamente las semillas, se estudió la fenometría de la germinación, se determinaron parámetros de calidad de plantas en vivero y se evaluó el comportamiento de las plantas a campo a través de su sobrevivencia e incrementos volumétricos. Los resultados evidenciaron diferencias en los parámetros morfométricos de las semillas; al mismo tiempo las variables estudiadas permitieron separar las procedencias mediante el análisis multivariado. El vigor de las semillas, valorado mediante la prueba de envejecimiento acelerado con calor húmedo, confirmó que la procedencia también influye este parámetro. Las evaluaciones en la etapa de viverización permitieron afirmar que la morfología de las plantas difiere según la procedencia; se establecieron dos grupos morfológicos diferentes: por un lado, las procedencias Santiagueña y Chaqueña y, por otro, la procedencia Salta Norte. El ensayo a campo demostró que el origen geográfico del material biológico no tuvo injerencia sobre la sobrevivencia, pero sí definió comportamientos diferentes según el sitio de plantación: en la localidad de Sáenz Peña, la procedencia Salta Norte fue superior en diámetro a la altura del cuello, altura y volumen, mostrando además registros superiores a los medidos en Corrientes. En este último sitio dicha procedencia superó a las demás en las variables diámetro a la altura del cuello y altura total, no diferenciándose en el registro de volumen. Los resultados de esta tesis han permitido estudiar el comportamiento de diferentes procedencias en distintos ambientes, facilitando la decisión en la elección del origen de semilla más adecuado para cada sitio de plantación; se ha identificado a la procedencia Salta Norte como la de mejor comportamiento para los parámetros evaluados.

Palabras clave: algarrobo blanco, morfometría de semillas, calidad de planta, orígenes.

ABSTRACT

Evaluation of quality parameters in *Prosopis alba*'s seed and plants from different provenances

In order to determine the differences between *Prosopis alba*'s seeds and plants which provenances are Northern Salta, Santiaguénian and Chaquénian, seeds were morphometrically characterized, germination's phenometry was studied, quality parameters of plants in nursery were determined and the behavior of plants in field was evaluated through their survival and volumetric increments. The results showed differences in morphometric parameters of seeds; At the same time the studied variables allowed to separate the geographic origins by multivariate analysis. The vigor of seeds, appreciated by accelerated age testing with moist heat, confirmed that also the origin influences this parameter. Evaluations in nursery and growing stages made it possible to affirm that morphology of plants differs according to provenance; Two different morphological groups were established: on the one hand, Santiaguénian and Chaquénian, on the other hand, Northern Salta provenance. The field test showed that geographical origin of the biologic material did not interfere with survival but defined different behaviors according to the site of planting in Sáenz Peña town. Northern Salta was superior in diameter of the height of the neck, height and volume, besides showing higher records than those measured in Corrientes. In the aforementioned place the provenance exceeded the others in the following variables - diameter of the height of the neck and total height, not being different in volume register. The results of this thesis allowed studying the behavior of different provenances in different environments, facilitating the decision on the choice of the most appropriate origin of the seed for each site of planting; Northern Salta provenance has been identified as the best for the evaluated parameters.

Keywords: origins, plant quality, seed morphometric, white algarrobo.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, Claudia Luna, por generar un ambiente de confianza donde plantear dudas, investigar y escribir fue una actividad placentera y libre de presiones.

A Silvia Ibaló, que a través de su escritorio me dejó ver cómo es una persona que ama su trabajo.

A Mónica Spoljaric y Lorena Klein, mis socias para emprendimientos leñosos en el mundo del algodón.

A Marcos Atanasio y Lorena Pernochi, por el tiempo compartido, que fueron horas de puro aprendizaje.

A todos los integrantes del Laboratorio de Biotecnología Aplicada y Genómica Funcional de la Facultad de Cs. Agrarias (UNNE), por su colaboración y el ofrecimiento de sus instalaciones en las etapas iniciales de la investigación.

Al personal del campo experimental de la Facultad, por cuidar la plantación desde su primer día.

A Marcelo, por acompañar.

A la familia, por estar siempre presente.

A todos ellos, y a las personas que de diferentes maneras y en distintos tiempos fueron apoyo y aliento... Gracias.

PORDUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL MARCO DE ESTA TESIS

Trabajos publicados en revistas con referato

1. Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de *Prosopis alba*. Autores: María Laura Fontana, Víctor Ramón Pérez y Claudia Verónica Luna. *Multequina* 24: 33-45, 2015.
2. Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. Autores: María Laura Fontana, Víctor Ramón Pérez y Claudia Verónica Luna. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 15 (1), 2016.
3. Características evolutivas en *Prosopis* spp.: citogenética, genética e hibridaciones. Autores: María Laura Fontana, Víctor Ramón Pérez y Claudia Verónica Luna. *Rodriguesia* 69(2): 409-421, 2018.
4. Efecto del origen geográfico en la calidad morfológica de plantas de *Prosopis alba* (Fabaceae). Autores: María Laura Fontana, Víctor Ramón Pérez y Claudia Verónica Luna. *Revista de Biología Tropical* 66(2): 593-604, 2018.

Presentaciones a Reuniones Científicas

1. Efecto de tratamientos pregerminativos sobre los parámetros de vigor en semillas de *Prosopis alba* de diferentes procedencias geográficas. Fontana ML; Pérez, VR y Luna, CV. XXVI° Reunión de comunicaciones científicas, técnicas y de extensión de la Facultad de Ciencias Agrarias –UNNE. Corrientes. Provincia de Corrientes. 6 al 8 de Agosto del 2014. Asistente- Expositor.

ABREVIATURAS

A: ancho	m: metro
ACP: análisis de componentes principales	MC: media de la categoría
AF: área foliar	MG: media general
AFE: área foliar específica	mL: mililitro
APS: área productora de semillas	mm: milímetro
CCC: coeficiente de correlación cofenética	PFE: peso foliar específico
CE: coeficiente de esbeltez	PG: porcentaje de germinación
Ch: Chaqueño	PSA: peso seco de la parte aérea
cm: centímetro	PSh: peso seco de hojas
CP: componente principal	PSR: peso seco de raíz
DAC: diámetro a la altura del cuello	PSt: peso seco de tallos
DAP: diámetro a la altura del pecho	Sg: Santiagueño
E: espesor	SN: Salta Norte
EA: envejecimiento acelerado	TMG: tiempo medio de germinación máxima
EACH: envejecimiento acelerado con calor húmedo	VA: volumen de la parte aérea
EACS: envejecimiento acelerado con calor seco	VG: valor de germinación
EAG: equivalentes ácido gálico	VR: volumen de raíz
EASS: envejecimiento acelerado con solución salina	v.test: test de valor
EG: energía germinativa	
EQ: equivalentes de quercetina	
EPB ₂ : equivalentes de procianidina B2	
H: altura	
ICD: índice de calidad de Dickson	
IE: índice de envejecimiento	
IE: índice de esbeltez	
ICA: incremento corriente anual	
Kcal: kilocaloría	
Kg: kilogramo	
L/A: relación largo ancho	
L: largo	
LR: longitud de raíz	

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN
ANTECEDENTES DEL GÉNERO Y ESPECIE

Características evolutivas en el género *Prosopis* spp.

Citogenética, genética e hibridaciones

La variación de caracteres tales como hojas, frutos y metabolitos secundarios ha dado idea de la variabilidad intra e interespecífica tanto en el fenotipo como en el genotipo; la variación genética detectada mediante isoenzimas indica que muchas especies de *Prosopis* son polimórficas, aunque algunas de ambientes extremos, de áreas aisladas o taxa que recientemente han experimentado explosiones poblacionales mostraron niveles comparativamente bajos de variación genética (Tapia-Pastrana et al., 1999). Estos fenómenos sustentarían la idea de que *Prosopis* es un antiguo género que divergió tempranamente en varios linajes principales, pero que dentro de algunos de ellos han ocurrido episodios recientes de especiación parcial (Burkart y Simpson, 1977).

La forma en que se distribuye la variabilidad genética dentro y entre poblaciones depende, entre otros factores, del sistema reproductivo y la estrategia adaptativa. La estructura de las poblaciones, a su vez, establece restricciones a los procesos evolutivos tendientes a la adaptación creciente al ambiente y/o la diferenciación específica (Saidman et al., 2000).

La hibridación es un hecho posible entre especies de *Prosopis* dentro de cualquier sección del género (Pasiiecznik et al., 2001) apareciendo como un proceso inducido bajo ciertas condiciones ambientales naturales (Vega y Hernandez, 2005) o perturbaciones antrópicas (Ferreyra et al., 2013), sin embargo, éste fenómeno no se ha observado entre especies de diferentes secciones (Hunziker et al., 1986). La hibridación interespecífica ocurre entre las especies de la sección *Strombocarpa* en Norte y Sudamérica (Burkart, 1976) y también es común dentro de la sección *Algarobia* –donde se evidencia la mayor variabilidad (Saidman et al., 2000).

Los distintos sistemas de clasificación se originaron históricamente a base de criterios fenéticos, es decir, caracteres compartidos por los diferentes taxa. Por ejemplo, un

grupo de especies con un conjunto de características en común se considera como un género. Cuando Charles Darwin (1872) da a conocer su teoría de la evolución, llegan a su fin los Sistemas Naturales y surgen los sistemas modernos que se basan principalmente en criterios filogenéticos (a veces conocido como un árbol evolutivo), donde los taxa se clasifican en base a un análisis de las características. No obstante, las clasificaciones filogenéticas tienen semejanza con los sistemas fenéticos porque los taxa que comparten varias características (i.e., fenéticamente similares) frecuentemente tienen relación evolutiva. El proceso de elaboración de sistemas de clasificación es constante y dinámico, por lo que se ha desarrollado una secuencia histórica a partir de Teofrasto (370-285 a.C.), mientras que la época tradicional comenzó con las obras de Linneo (1707-1778) (Killeen et al., 1993). Actualmente, los sistemas de clasificación botánica más utilizados son los de Hutchinson (1973) y Cronquist (1981); en su mayor parte, los dos están basados en el esquema filogenético propuesto originalmente por Charles E. Bessey (1845-1915). Los esquemas de Eichler (1875-1878) y Prantl y Engler (1894-1897, 1924-1980) forman parte de la fase histórica de los sistemas filogenéticos y son los sistemas en los cuales se basa el ordenamiento de las colecciones en muchos herbarios (Lawrence 1951, Killeen et al., 1993); Walters y Keil (1996) mencionan que la clasificación de Engler (1892) -basada principalmente en rasgos morfológicos de acceso relativamente sencillo a través de una lupa y un microscopio- es el método más ampliamente adoptado hasta la fecha.

Fue Carl von Linneo quien describió al género *Prosopis* L. publicándolo en *Systema Naturae* ed. 12 2: 282, 293 en el año 1767 (1767, citado en Missouri Botanical Garden 2016). Este hecho ocurre durante el período de los Sistemas Naturales y para la clasificación del reino vegetal Linneo sigue su sistema sexual, en el que las especies con el mismo número de estambres se incluyen en el mismo grupo; en este documento se detalla Nombre: *Prosopis* L., Grupo: dicotiledónea, Familia: Fabaceae y el Rango taxonómico: género. Esta fue la información que se dio a conocer cuándo por vez primera se identificaba a *Prosopis spicigera* L. como individuo tipo del género.

Clasificación taxonómica

Existen distintos métodos de clasificación taxonómica; en esta exposición, se presenta el marco taxonómico evaluado mediante los sistemas desarrollados por Engler (1892) y Cronquist (1981) (Tabla 1), ambos muy difundidos y de los más empleados en la literatura que data de aproximadamente el 2009 hacia atrás. No obstante, la clasificación propuesta por el Angiosperm Phylogeny Group (APG IV) (2016) es la más actual y emplea para la clasificación bases científicas modernas como datos moleculares y su análisis filogenético. Este sistema resulta menos ortodoxo pues sólo abarca categorías taxonómicas desde especie hasta orden; a los grupos de categorías superiores a orden se los denomina con el nombre “informal” de clado. En este contexto, el género *Prosopis* pertenece al clado Mimosoid de la subfamilia Caesalpinioideae (Legume Phylogeny Working Group, 2017), familia Fabaceae, del orden Fabales perteneciente al clado Core Eudicotiledoneas o Eudicotiledóneas esenciales (Angiosperm Phylogeny Group, 2016; Legume Phylogeny Working Group, 2017) (Tabla 1). La sistemática filogenética indica que el género se trataría de un grupo no natural ya que las especies que lo integran no forman un grupo monofilético (Bessega et al., 2006; Catalano et al., 2008). El nombre *Prosopis* seleccionado por Linneo tiene origen en el griego antiguo pero su acepción varía: Burkart (1976) lo definió como una especie de fruta espinosa como las cabezuelas de *Arctium lappa* L. (Asteraceae syn. Compositae); Allen y Allen (1981) le dieron el significado de “bardana” refiriéndose al igual que Burkart a un tipo de planta espinosa (*A. lappa*) no relacionada con *Prosopis* y Perry (1998) se basó en la etimología definiendo el término como “hacia la abundancia”, de las palabras griegas *pros* que significa hacia y *Opis* esposa de Saturno, la diosa griega de la abundancia y la agricultura.

Origen y distribución

Prosopis es un género primitivo dentro de las Mimosoideas, particular en virtud de las disyunciones que presentan sus actuales áreas de distribución y las dificultades para

esclarecer su filogenia (Tapia-Pastrana et al., 1999); probablemente se originó en África tropical, donde actualmente persiste *P. africana*, la especie menos especializada y más mesófila (Burkart, 1976). El nombre *Prosopis* fue dado al género por Linneo en 1767 para describir la única especie que en el momento conocía, *Prosopis spicigera* Linnaeus, hoy sinónimo con *P. cineraria* (L.) Druce, la especie tipo del género (Barros, 2010).

Según Burkart (1976) y Rzedowski (1988), a finales del Mesozoico o comienzos del Terciario, los antecesores de *Prosopis* pudieron migrar mediante un puente terrestre desde el centro de África hacia el este y oeste. La evolución de diversos linajes del género se debió realizar al promoverse una mejor funcionalidad en distintos hábitats, preferentemente en aquellos con características de aridez, considerando que su distribución ecogeográfica actual corresponde principalmente a ambientes de matorrales xerófilos (Burkart, 1976; Rzedowski, 1988). Tapia-Pastrana et al. (1999) mencionan que, por la existencia de especies endémicas tanto en el norte como en el sur del continente, la presencia de *Prosopis* en América es muy antigua. Los patrones de distribución no excluyen la posibilidad de una flora desértica común ancestral para ambas Américas que posteriormente se separó en dos centros: uno mexicano-texano y otro que actualmente comparten Argentina, Paraguay y Chile (Burkart, 1976; Burghardt y Espert, 2007). Lavin y Luckow (1993) indican según la teoría boreotropical que muchas especies cruzaron directamente de África a Norteamérica antes de extenderse hacia el sur. Sin embargo, parece probable que el *Prosopis* ancestral cruzó a América del Sur y se extendió a América del Norte antes de que los dos centros se separaran (Simpson, 1977). Actualmente se han descrito 45 especies (Burkart, 1987; Palacios y Brizuela, 2005) de gran importancia en la composición arbórea y arbustiva de zonas áridas y semiáridas de América, Norte de África, Sudoeste de Asia e India (Leakey y Last, 1980). En el continente americano se ubican entre los 37° de latitud norte y los 48° de latitud sur, desde el sudoeste de Estados Unidos a lo largo de los Andes hasta Chile central y Argentina, donde habitan la mayor cantidad de especies (27 especies y

19 variedades) (Palacios y Brizuela, 2005) distribuidas en mayor parte en la provincia Chaqueña y en el norte de la provincia del Monte (Steibel y Troiani, 1999). Se ha sugerido que este país es el principal centro de dispersión de *Prosopis* en América y que el mexicano-texano es secundario (Tapia-Pastrana et al., 1999). El análisis de reconstrucción biogeográfica DIVA (dispersal-vicariance analysis) y el patrón de distancias genéticas indicarían que el área ancestral para las especies americanas abarcaría desde el suroeste de Estados Unidos hasta el centro y norte de Argentina; sucesivos eventos de vicariancia dividirían esta área y episodios de dispersión a larga distancia (mediados por aves) llevaron a recolonizaciones del Norte a América del Sur y viceversa (Bessega et al., 2006). No obstante, la influencia humana -que incluye introducciones intencionales, invasiones de malezas y deforestación durante los últimos 500 años- ha alterado significativamente la distribución de especies de *Prosopis*, determinando su desaparición en ciertas áreas así como su inserción en India, Pakistán y Australia (Figura 1A y B).

Características morfológicas

El clado Mimosoid está anidado dentro de la subfamilia Cesalpinioideae, la que incluye a todas las leguminosas con hojas bipinnadas y la mayoría que poseen nectarios extraflorales en el peciolo y el raquis. Este clado cuenta con más de 3300 especies y resulta morfológicamente muy distintivo con flores radialmente simétricas con aestivación valvada del cáliz y la corola. Típicamente, las flores se combinan en inflorescencias espiciformes o capitadas; a menudo éstas a su vez se combinan en inflorescencias compuestas (por ejemplo, una panícula de cabezas globosas) (Legume Phylogeny Working Group, 2017). Dentro del clado Mimosoid se ubican todos los géneros previamente asignados a la subfamilia Mimosoideae y además se incorpora al género *Chidlowia* (anteriormente incluso en la subfamilia Caesalpinioideae) (Manzanilla y Bruneau, 2012).

Las especies de *Prosopis* se distinguen de los otros géneros del clado Mimosoid por sus vainas carnosas indehiscentes y la liberación de polen en granos individuales (Folliot y Thames, 1983). Es un género de árboles y arbustos que se caracterizan por el follaje plumoso resultante de sus hojas bipinnadas con numerosos folíolos pequeños y pequeñas flores actinomorfas y pentámeras, amarillas (o blancas) reunidas en espigas o cabezuelas elipsoides a globosas de ubicación axilar. En su mayoría son espinosos y tienen vainas subcilíndricas, gruesas o comprimidas, rectas, arqueadas o en espiral, indehiscentes y de mesocarpio carnoso que van desde el color amarillo hasta el negro y las valvas nunca se separan de forma natural, ya sea del árbol o una vez caído (Burkart, 1976, 1987; Pasiiecznik et al., 2004).

Secciones del género *Prosopis*

Sobre la base de las diferencias en las características florales y vegetativas, Burkart (1976) definió los límites genéricos y dividió al género en cinco secciones que se distinguen básicamente por la presencia, tipo y distribución de espinas y, dentro de la sección Algarobia, identificó 6 series (Tabla 2). Bessega et al. (2005) refieren que si bien numerosos estudios evalúan la relación entre las especies de *Prosopis* éstos solo se basan en análisis fenéticos de algunas de las series y secciones y no valoran la naturaleza de los límites genéricos al excluir individuos de grupos externos (*out-groups*). En este sentido, los resultados obtenidos por Catalano et al. (2008) sugieren que *Prosopis* no sería monofilético ya que las secciones americanas del género (Strombocarpa, Algarobia y Monilicarpa) estarían más relacionadas con *Xerocladia viridiramis* (género monotípico del Sur de África) que con representantes de *Prosopis* del Viejo Mundo.

Mientras que los límites genéricos y la división en secciones son generalmente aceptados; hay debates en cuanto a la variedad en términos de especies como Burkart definió (Joseau et al., 2013a). Pasiiecznik et al. (2001) mencionan que, de las escuelas existentes, históricamente la taxonomía de Burkart ha dominado; en ella las diferen-

cias morfológicas observadas entre poblaciones de *Prosopis* han sido asignadas al rango de especie o variedad. Los últimos 10 años un punto de vista taxonómico alternativo se ha vuelto más prominente: la aplicación de la taxonomía numérica y el análisis molecular sugieren que varias de las especies y variedades de Burkart son genéticamente muy similares y que su rango debería hacerlo reducirse a subespecies o razas geográficas. A diferencia de lo observado en Algarobia, las especies estudiadas de *Strombocarpa* están muy diferenciadas genéticamente entre sí. Sólo dos especies de esta sección, *P. reptans* y *P. strombulifera*, son muy afines entre sí, y, por una serie de criterios independientes, se sugiere que podrían constituir variedades o subespecies más que especies (Hunziker et al., 1986; Saidman et al., 1996). Las especies estudiadas de *Strombocarpa* y la única especie de *Monilicarpa*, *P. argentina*, se diferencian claramente de las de Algarobia (Saidman et al., 2000).

Las 6 series que Burkart (1976) separó por diferencias vegetativas dentro de la sección Algarobia no han sido en su totalidad confirmadas en trabajos recientes (Pasiiecznik et al., 2001) y la relación entre las especies aún está en debate. Existen registros de hibridación entre especies de las series Pallidae, Ruscifoliae y Chilenses en zonas simpátricas (Hunziker et al., 1986) pero no con especies de la serie Sericanthae; por otra parte la información sobre híbridos de especies de las series Denudans y Humiles es escasa; esto sugiere que la habilidad para hibridar no es una característica extendida en toda la sección Algarobia (Catalano et al., 2008). Bessega et al. (2005) informan que las series de la sección Algarobia no están apoyadas por estudios isoenzimáticos y por lo tanto no conformarían grupos naturales; en su análisis *P. kuntzei* se diferencia tanto de las restantes especies de Algarobia como de *P. reptans* (*Strombocarpa*) o de *P. argentina* (*Monilicarpa*), lo que sugiere que esta especie podría ser incluida en una sección diferente.

La revisión realizada en la monografía “The *Prosopis juliflora* -*Prosopis pallida* Complex” permite entender que éstas 5 secciones son el resultado de numerosas modificaciones que inician con la incorporación -hecha por De Candolle en 1825- de las espe-

cies americanas al género *Prosopis* y la asignación de las especies asiáticas a la sección *Adenopsis*, posteriormente transformada en la sección *Prosopis* (Burkart, 1976). Nuevos géneros fueron compuestos y renombrados, así en 1845 denominan *Strombocarpa* al género *Spirolobium* y el género *Neltuma* pasa a llamarse *Algarobia* en 1839, antes de que ambos fueran asignados al rango sub-genérico y constituyeran secciones en el género *Prosopis*. La sección africana *Anonychium* ha permanecido sin respuesta desde el año 1842 (Bentham, 1842) y, en las Américas, la sección *Monilicarpa* fue la última en ser aceptada, intermedia entre las dos secciones grandes, *Algarobia* y *Strombocarpa*, donde se ha producido la mayor confusión taxonómica. El estudio realizado por Bessega et al. (2005) sobre variabilidad y relaciones fenéticas entre especies de secciones presentes en Argentina estableció la existencia de un grupo con alta variabilidad genética que involucró a todas las especies de la sección *Algarobia* (*P. glandulosa*, *P. velutina*, *P. flexuosa*, *P. ruscifolia*) excepto a *P. kuntzei* y otro grupo con baja variabilidad representado por *P. argentina* (*Monilicarpa*) y *P. reptans* (*Strombocarpa*).

Estas diferencias estarían relacionadas con el sistema reproductivo, las estrategias adaptativas o la historia evolutiva. Así, las especies de *Algarobia* con alta variabilidad presentaron polinización libre, sistemas de autoincompatibilidad y, además, hibridación en etapas tempranas de la diversificación que habrían promovido la evolución reticulada y aumentado la capacidad de invasión. La baja variabilidad de *P. kuntzei* se debería a que esta especie no está involucrada en eventos de hibridación natural y, si este fenómeno desempeñó un papel en la evolución temprana de la especie, su variabilidad podría haberse erosionado rápidamente.

Prosopis argentina, especie aislada y endémica de Argentina, presentaría baja variabilidad a consecuencia de su alta especialización. En cambio, la capacidad de propagarse vegetativamente y la posibilidad de autofecundación de *P. reptans* indicarían que su baja variabilidad resultaría del efecto fundador asociado con la colonización y cierto grado de endogamia (Saidman et al., 1996).

Las similitudes obtenidas mediante isoenzimas coinciden con las relaciones entre las tres secciones basadas en motivos morfológicos (Burkart, 1976). *P. argentina* (Monilicarpa) y *P. reptans* (Strombocarpa) se diferencian claramente entre sí y de especies de Algarobia. Hunziker et al. (1986) y Saidman et al. (1996) ya señalaban que las secciones Algarobia y Strombocarpa aparecían bien diferenciadas pues el proceso de especiación, así como las estrategias de adaptación en estos grupos parecieran ser bien diferentes. La sección Monilicarpa presenta un origen y afinidad con las secciones Algarobia y Strombocarpa que son inciertos.

Temporalmente, la divergencia entre las secciones americanas habría ocurrido en el Oligoceno, con una reciente diversificación dentro de cada grupo en el Mioceno Tardío; en el Plioceno se habrían iniciado grandes modificaciones del conjunto formado por especies de las series Chilenses, Pallidae, y Ruscifoliae. Se propone un control climático del fenómeno fundamentado en la coincidencia de la diversificación de los principales linajes del Nuevo Mundo con la propagación de las zonas áridas en las Américas (Catalano et al., 2008).

Sin duda alguna, la taxonomía del género resulta compleja (Karlin, 1988; Gómez-Sosa y Palacios, 1994) debido a la gran variación fenotípica dentro de las especies y por la frecuente hibridación natural que ocurre entre ellas.

Verga (2005a) sostiene que el algarrobo se trata de un complejo sistema de especies taxonómicas entrelazadas entre sí que determinan un sinnúmero de formas que ocupan diversos nichos en Argentina, Paraguay, Bolivia, Chile y Perú; se muestra prácticamente sin solución de continuidad desde el punto de vista tanto geográfico como morfológico y adaptativo, y desde el punto de vista evolutivo todo el conjunto podría definirse como una unidad a escala continental.

Mediante taxonomía numérica basada en rasgos de hoja y fruto Verga et al. (2009) encontraron al estudiar poblaciones naturales de algarrobo de las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal Norte que a determinado grado de diferenciación morfológica es posible separar grupos, que por sus distancias genéticas obtenidas con marca-

dores moleculares, alcanzan niveles entre ecotipos y sub-especies. Los resultados de este trabajo mostraron que las diferencias morfológicas no son netas, los ambientes donde se distribuyen se superponen en algunas áreas y existen zonas donde aparecen como simpátricos. La diferenciación entre los grupos aparece con características continuas, donde tanto la morfología de los individuos, como las condiciones ambientales que ocupan, presentan en buena parte toda una gama de formas intermedias que conectan a los grupos en cuestión. Sin embargo, los núcleos de cada grupo son perfectamente diferenciables entre sí y poseen características propias.

Citogenética e hibridaciones

La citogenética brinda valiosos aportes para la resolución de problemas taxonómicos, evolutivos y aplicados, contribuyendo al conocimiento del origen y evolución de distintos grupos. Dado que los cromosomas son guías de afinidades filogenéticas e indicadores de las clasificaciones sistemáticas es importante analizar, mediante técnicas de citogenética clásica y molecular (FISH, GISH), las características del cariotipo, el comportamiento meiótico en híbridos y poliploides, y la variación intra e interespecífica en el tamaño del genoma. Asimismo, los estudios citogenéticos permiten realizar valiosos aportes al conocimiento de los mecanismos de aislamiento reproductivo y modos de especiación en plantas (Poggio et al., 2008). Estos autores reconocen que todas las especies estudiadas hasta el momento del clado Mimosoid poseen genomas pequeños (*Prosopis*, *Acacia*: 200 Mbp a 500 Mbp/1C).

En el clado Mimosoid, ocurrió un evento principal de evolución del número cromosómico de 14 a 13. No obstante, es importante mencionar que en Mimoseae hay representantes genéricos con $n=14$ como *Prosopis* y *Neptunia* (Poggio et al., 2008). Es interesante el análisis filogenético de la variación cromosómica en *Prosopis* ($2n=28$), el cual fue considerado un paleopoliploide ($x=7$) donde frecuentemente ocurren procesos de hibridación e introgresión interespecífica (Hunziker et al., 1975; Naranjo et al., 1984; Hunziker et al., 1986). Muchos de los datos disponibles hasta la fecha sugieren que

Prosopis es esencialmente un género diploide (Burkart, 1976; Pasiiecznik et al., 2001), pero se ha informado poliploidía (Cherubini, 1954; Hunziker et al., 1975; Burkart, 1976). Trenchard et al. (2008) analizaron mediante citometría de flujo material proveniente de América e India y hallaron especies diploides ($2n=2x=28$) y tetraploides ($2n=4x=56$). Los autores concluyen, en concordancia a lo enunciado por Harris et al. (2003), que *P. juliflora* es la única especie tetraploide y que los ejemplares triploides ($2n=3x=42$) descubiertos son casos excepcionales resultantes de la hibridación de *P. juliflora* (tetraploide) con un diploide, posiblemente *P. pallida* o *P. chilensis*, que ocurren en las áreas de recolección del material analizado.

Roig (1993) propone que el proceso evolutivo del género se evidencia en las bioformas (espinas, hojas y frutos) y que la especiación se habría producido en las zonas periféricas al conquistar nuevos nichos. La variabilidad de los caracteres -en todos los niveles- y la existencia de híbridos interespecíficos permiten reconocer la importante variabilidad en la base genética salvaje.

La variación genética se puede introducir en una población por cruzamiento, hibridación y subsiguiente retrocruzamiento y, mutación de alelos en el conjunto duplicado de cromosomas (Solbrig et al., 1977). A este respecto, todas las especies de la sección Algarobia fueron reportadas como autoincompatibles (Solbrig y Cantino, 1975), aunque varios autores (Keys y Smith, 1994; Bessega et al., 2000; Saidman et al., 2000) estudiando especies pertenecientes a esta sección demostraron que aunque éstas son mayormente exógamas, pueden presentar autofecundación.

Por otra parte, Solbrig y Bawa (1975) atribuyen la baja variabilidad genética encontrada en algunas especies a la autoincompatibilidad parcial, al agotamiento genético tras reducción extrema de la población o la selección direccional extrema después de la expansión de la población. Se asume que muchas introducciones de especies de *Prosopis* han comenzado con sólo unas pocas semillas y por lo tanto una base genética baja y una rápida expansión refuerza esta baja variación (Pasiiecznik et al., 2001).

Dentro de la sección Algarobia, un gran número de híbridos de dos y hasta tres vías se han confirmado en Argentina (Palacios y Bravo, 1981; Hunziker et al., 1986) y México (Almanza et al., 1992). Se ha demostrado que algunas especies reconocidas han surgido de hibridación, como *P. vinalillo* que es un híbrido estable entre *P. alba* var. *panta* y *P. ruscifolia* (Burkart, 1976). A este respecto, Palacios y Brizuela (2005) señalan las combinaciones híbridas más frecuentes en la naturaleza, a saber:

P. affinis x *P. alba*, Hunziker et al., 1977: 58.

P. affinis x *P. nigra*, Naranjo et al., 1984.

P. affinis x *P. ruscifolia*, Hunziker et al., 1977: 58.

P. alba x *P. fiebrigii*, Palacios y Bravo, 1981.

P. alba x *P. flexuosa* Hunziker et al. 1975.

P. alba x *P. hassleri*, Burkart, 1976.

P. alba x *P. nigra*, Hunziker et al., 1975: 257.

P. caldenia x *P. flexuosa*, Hunziker et al. 1977: 59.

P. flexuosa x *P. alpataco*, Saidman, 1985.

P. flexuosa x *P. nigra*, Hunziker et al., 1977: 58.

P. hassleri x *P. alba*, Burkart, 1976.

P. hassleri x *P. fiebrigii*, Burkart, 1976.

P. hassleri x *P. nigra*, Palacios y Bravo, 1981.

P. hassleri x *P. fiebrigii* x *P. alba*, Palacios y Bravo, 1981.

P. hassleri x *P. ruscifolia*, Hunziker et al., 1975: 257.

P. nigra x *P. ruscifolia*, Burghardt y Palacios, 1984.

P. ruscifolia x *P. alba*, Hunziker et al., 1975: 254.

P. ruscifolia x *P. fiebrigii*, Hunziker et al., 1977.

P. ruscifolia x *P. hassleri*, Morello et al., 1971.

P. ruscifolia x *P. nigra*, Palacios y Bravo, 1981.

P. ruscifolia x *P. vinalillo*, Burkart, 1940.

Donde hay poblaciones simpátricas, se observan enjambres híbridos con características intermedias que pueden ser utilizados para identificar las especies parentales (Palacios y Bravo, 1981; Hunziker et al., 1986). Verga (2005b) estudiando especies de *Prosopis* del Chaco árido menciona que los individuos intermedios aparecen únicamente en aquellas poblaciones donde ambas especies puras se encuentran en contacto; que estos híbridos ocupan preponderantemente sitios degradados y también constata que poblaciones de las especies puras alejadas de las áreas de contacto presentan menor diversidad genética y que entre ellas no se observan grandes diferencias.

Dentro de las series de la sección Algarobia estudiadas, Ruscifoliae, Pallidae y Chilensis muestran signos de barreras a la hibridación (Naranjo et al., 1984; Hunziker et al., 1986; Saidman, 1986, 1990); las mismas son clasificadas en factores pre-cigóticos y post-cigóticos (Palacios y Bravo, 1981) y parecen variar entre combinaciones de especies.

En tal sentido, no se han observado barreras entre *P. glandulosa* y *P. laevigata* (Almanza et al., 1992) ni entre varias especies argentinas (Palacios y Bravo, 1981; Saidman 1986; Hunziker et al., 1986), aunque existan aislamientos reproductivos previniendo la supervivencia de ciertos híbridos (Saidman, 1990). La mayor frecuencia de híbridos de *P. alba* x *P. ruscifolia* en una zona simpátrica de *P. alba*, *P. nigra* y *P. ruscifolia* sugeriría que esas dos especies están más estrechamente relacionadas entre sí que a *P. nigra*, aunque fueran colocadas en diferentes series por Burkart (1976). Posteriormente, Hunziker et al. (1986) encontraron que los híbridos inter-series, con especies de la serie Ruscifoliae, Pallidae y Chilenses son más comunes que los híbridos intra-serie. Los resultados obtenidos por Catalano et al. (2008) sostienen la idea de una estrecha relación entre las series Chilenses, Pallidae y Ruscifoliae; muchas de estas especies formarían un singameon (Palacios y Bravo, 1981; Saidman y Vilardi, 1987, Saidman et al., 1998) pues presentan gran capacidad para hibridizar naturalmente, alta similitud morfológica y distribución geográfica parcialmente solapada. No

obstante, se sugiere que la formación híbrida no produce el flujo de genes entre estas especies por lo que la similitud genética entre éstas podría explicarse por su reciente divergencia (<4 millones de años) sin la necesidad de invocar la introgresión entre ellos (Catalano et al., 2008). Particularmente en la sección Algarobia las entidades involucradas en el singameon podrían ser consideradas especies verdaderas mantenidas por mecanismos cohesivos demográficos y/o ecológicos (Templeton, 1989) en lugar de solamente mecanismos de cohesión genética (Saidman y Vilardi, 1987; Saidman et al., 1998).

Solbrig et al. (1977) y Hunziker et al. (1975) postularon que la reorganización estructural de los cromosomas no habría sido importante en la especiación. Así parecería que la mutación -en lugar de reordenamientos cromosómicos- es responsable de la introducción de la variación genética en una población aislada, que luego se somete a la presión de selección nicho-dirigida (Pasiiecznik et al., 2001). De este modo, un gen mutado entra en la reserva genética de la población y depende del cruzamiento y selección mediada por el medio ambiente. En las poblaciones de *Prosopis*, el cruzamiento producirá descendencia conteniendo el nuevo material genético -suponiendo que no hay barreras de fertilidad-. Esta descendencia será preferentemente seleccionada si tiene las características que mejor se adapten al nicho ambiental. La selección repetida incrementará la frecuencia de los nuevos genes en la población, forzada por retrocruzamiento e introgresión hasta que la población original se extinga (Rhymer y Simberloff, 1996).

Este fenómeno de introgresión, donde una especie progresivamente va absorbiendo a la otra, fue reportado por Verga (2005a) al estudiar distintas poblaciones de *P. chilensis* y *P. flexuosa* en la región del Chaco árido. Se comprobó que la distancia genética entre los grupos diferenciados disminuía en una generación, producto del aumento en la frecuencia del grupo intermedio y que el flujo genético entre ambas especies era asimétrico ya que una de las especies es más fecunda sobre la otra que a la inversa.

Alternativamente, se crea una población con caracteres más adecuados para el medio ambiente y que luego se separa por barreras de aislamiento reproductivo. La especiación y la evolución se han producido, pero la estabilidad completa requiere la formación de algunas barreras de aislamiento reproductivo (Pasiecznik et al., 2001). El proceso exacto de la hibridación, introgresión, la segregación y la estabilización (especiación) es especialmente complejo con muchas especies simpátricas de *Prosopis* en Argentina y México, con pocas barreras aparentes para la reproducción (Hunziker et al., 1986; Earl, 1998).

Lo anteriormente expuesto destaca la alta similitud genética y cromosómica entre las distintas especies del género que permite la obtención de híbridos viables, reforzando la idea de que algunas especies del género están evolutivamente activas, y pone de manifiesto las dificultades que esto ocasiona en el tratamiento taxonómico y la filogenia del grupo (Hunziker et al., 1975; Burkart, 1976; Gallindo, 1986; Rzedowski, 1988; Palacios, 2006).

***Prosopis alba*: importancia y distribución en Argentina**

Taxonomía

Prosopis alba (Griseb.), vulgarmente conocido como algarrobo blanco en Argentina, pertenece al clado Mimosoid, subfamilia Caesalpinioideae de la familia Fabaceae (Legume Phylogeny Working Group, 2017). Se reconocen dos variedades: *P. alba* Grisebach var. *alba* y *P. alba* Grisebach var. *panta*. Esta última, según estudios moleculares, está más estrechamente relacionada con otras especies de *Prosopis* que con *P. alba*, lo que sugiere una considerable variación genética (Pasiecznik et al., 2004).

Caracteres botánicos

Prosopis alba se encuentra entre las once especies del género que son endémicas de Argentina y se lo considera una de las maderas nativas de mayor uso (Verga, 2005b).

Es una planta leñosa de estructura tortuosa que alcanza 12 a 15 m de altura y 1,5 m de diámetro de fuste. Sus hojas pinnaticompuestas con 1 a 3 yugas, glabras, pecioladas, con el raquis de 0,5 a 8 cm de longitud. Las pinnas (25–50 yugas) presentan folíolos lineales rectos o levemente encorvados, agudos, subsésiles y de base asimétrica que miden de 0,5–1,7 cm de longitud por 1–2 mm de lado. Son subcoriáceos, glabros, con una distancia entre folíolos de 1,5 a 6 mm (Galera, 2000).

Posee racimos cilíndricos amarillos, de 7 a 11 cm de longitud, con flores hermafroditas blanco verdosas a amarillentas, pequeñas, subsésiles (Galera, 2000). Los frutos son vainas lineares, arqueadas o anulares, de 12 a 25 cm de largo; 1,2 a 1,8 cm de ancho y 0,5 cm de espesor, color amarillo paja, muy comprimidas, de bordes paralelos, con semillas que se identifican en las caras laterales y pulpa dulce; produce de 5 a 40 kg de frutos/año y fructifica entre diciembre y marzo. Las semillas (15 a 30/vaina) son de forma ovoidal, de 6 a 7 mm de largo, 4 a 5 mm de ancho, y de color castaño (Burkart, 1976; Biloni, 1990; Felker, 1999). El endosperma es vítreo y asimétrico. Los cotiledones son amarillo claro en forma de “s”, con base asimétrica redondeada en la parte de la radícula, más pronunciada que en las otras especies (Galera, 2000).

Las principales diferencias entre *P. alba* var. *alba* y *P. alba* var. *panta* son que los folíolos de la var. *panta* son más pubescentes y más largos que los de *alba*. Los frutos de *panta* son rectos, más oscuros, con más mesocarpo (pulpa) y sin bordes sobresalientes, a veces con manchas y de mayor tamaño. La variedad *panta* se encuentra representada por individuos escasos y dispersos, en virtud de que por sus excelentes características ha sido muy explotada, quedando pocos remanentes de ellos en el NO de la provincia de Córdoba (Galera, 1995).

Distribución

Prosopis alba posee una extensa área de 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 et al., 2003); en Argentina, 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 la encuentra principalmente en las provincias de Córdoba, Santiago del Estero, La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta, Santa Fe, Chaco y Formosa (Venier et al., 2013). Existen tres “ecotipos” de algarrobos blancos diferenciados a nivel morfológico, principalmente a través de sus caracteres de hojas: *P. alba* “Santiagueño”, *P. alba* “Chaqueño norte” y *P. alba* “Chaqueño sur” (Verga et al., 2009). Ocupa el segundo estrato en los bosques altos de madera dura llegando a dominar cuando ocurre la eliminación de los quebrachos (*Schinopsis* spp., *Aspidosperma quebracho blanco*). Vive también en comunidades puras fuera del bosque y es común en las galerías de ríos, así como también cinturones alrededor de depresiones salinas suaves (Ayerza et al., 1986; Karlin, 1988). Está presente asimismo en las sabanas con suelos arenosos, siempre que la capa freática no esté a más de 15 metros de profundidad. Según Carnevale (1955) el algarrobo puede vivir en suelos con bajo tenor de humedad hasta el metro de profundidad pues el enorme desarrollo de su sistema radicular le permite la absorción de agua.

Bioecología

Prosopis alba es una especie de árboles pioneros, heliófilos, adaptados a condiciones de climas áridos y semiáridos con suelos salinos y degradados. Se la considera rústica, con gran plasticidad y soporta condiciones extremas de humedad y temperatura (Di Marco, 2013). La ocurrencia de estreses tempranos (altas temperaturas, falta de agua y salinidad durante la germinación) no afectan en mayor grado el desarrollo de plántulas, característica ecológica que junto a las anteriores la califican como una potencial invasora (Killian, 2012).

Su distribución ocupa áreas con temperaturas extremas comprendidas entre los 48 °C y los -10°C y de 500 a 1200 mm de precipitación anual con concentración estival (Karlin et al., 1997). Donde las precipitaciones varían entre 500 y 600 mm, se comporta como freatófita, encontrándose preferentemente a orillas de cañadas y ciénagas o a lo

largo de ríos y arroyos. Son muy resistentes a la sequía y crecen en áreas climáticas secas (Galera, 2000).

Se encuentra en proximidades a los ríos, en los bordes de las represas, o en cinturones boscosos alrededor de depresiones salinas (Giménez et al., 2001). De acuerdo con las investigaciones de Villagra et al. (2010) en las zonas áridas con precipitaciones se desarrollan en distintos tipos de suelos, especialmente en el franco arenoso. Crecen mejor en arenas permeables, pero a veces se los encuentra en arcillas, arenas arcillosas y aun en suelos salinos, habitando en serranías sobre suelos con cierta pedregosidad o aluvionales hasta los 1000 msnm (Galera, 2000).

Según Venier y colaboradores (2013) los cambios en las condiciones climáticas que se registrarían en el año 2050 afectarían marcadamente la distribución de los bosques de los morfotipos de *P. alba*. Como patrón general se observa que en un escenario futuro se producirá una migración hacia el sur de los morfotipos “Chaqueño norte” y “Santiagoño” mientras que el morfotipo “Chaqueño sur” se desplazaría hacia el norte. El escenario planteado supone un aumento promedio de la temperaturas mínima y máxima de 1°C, pero también un aumento promedio en las precipitaciones anuales de 55 mm. Dado que esta especie está especialmente adaptada a climas áridos, esto podría estar indicando que el efecto del cambio climático sobre la especie podría estar más influido por un aumento en las precipitaciones que por un aumento de la temperatura.

En cuanto a estudios realizados para los morfotipos “Chaqueño norte” y “Chaqueño sur”, se observa que sus respectivos rangos de distribución se verían considerablemente afectados. Aunque surgirían áreas favorables de una extensión igual o mayor a la actual, en particular, *P. alba* “Chaqueño sur” se desplazaría hacia el norte, en contraposición a la tendencia general observada en los otros morfotipos. Este morfotipo se estaría desplazando no por un incremento de las precipitaciones (como ocurriría en los otros casos), sino por el contrario, por un incremento en las condiciones de estrés hídrico (Venier et al., 2013).

Por su parte, el morfotipo "Santiagoño", sería el menos afectado bajo el escenario de cambio climático; ya que se observa que la mayor parte de su distribución actual permanecería estable, sin sufrir retracciones ni fragmentaciones. Esto podría deberse a que es el morfotipo que estaría más adaptado a una alta variabilidad de temperatura según su actual área de distribución en sentido norte-sur coincidente con el sentido en que varían las temperaturas en la región de estudio. Además, sería significativamente más tolerante al estrés hídrico (López-Lauenstein et al., 2010), lo que podría explicar en parte este resultado.

Como representante de la familia Fabaceae, *P. alba* puede establecer relaciones simbióticas con diferentes géneros de rizobacterias (Iglesias, 2007; Di Marco, 2013) formando nódulos de tipo indeterminado, en los cuales ocurre la fijación biológica del nitrógeno atmosférico (N₂). Estas relaciones en general actúan sobre las respuestas de tolerancia y escape a la sequía, mejorando el rendimiento del fotosistema II y disminuyendo la pérdida de hojas; mejora las condiciones fisiológicas en general, incrementando los niveles de antioxidantes no enzimáticos, prolina y clorofilas (Pozzi-Tay, 2016).

Bienes y servicios proporcionados por el Algarrobo

Antes de la llegada de los europeos, los algarrobos arbóreos como *P. alba*, constituían una fuente importante de alimentos, combustible y materiales de construcción para los hogares. También constituyó un valioso recurso para los primeros colonos europeos que consumieron las vainas con alto contenido de azúcar durante las sequías y que usaron la madera para carbón y materiales de construcción (D'Antoni y Solbrig, 1977). Actualmente, y acorde con los productos y servicios que genera, se la define como una especie multipropósito. Demaio et al. (2015) la describen como una especie forestal de gran importancia regional debido a la diversidad de usos tanto madereros como alimenticios, forrajeros y medicinales.

El algarrobo blanco podría constituir una importante alternativa productiva en la economía de la familia campesina del norte de nuestro país, proporcionándole materias primas para diversos fines. Su madera sirve para muebles y diversas construcciones rurales (Felker, 1999). Las hojas en la primavera, cuando aparecen los primeros brotes, tienen un perfume muy interesante debido a aceites volátiles e hidrocarburos, que podrían utilizarse en el perfume de cueros (Tortorelli, 2009) y su resina es conocida como excelente tintura de color negro para lana o algodón.

Por su parte, Di Marco (2013) resume sus utilidades mencionando que sus hojas y frutos pueden utilizarse como forraje animal. El fruto, de alto valor nutritivo, también se utiliza en la alimentación humana. Las características tecnológicas de su madera permiten su uso para muebles, tonelería, aberturas, parquet, carpintería rural, leña y carbón. Es una especie apta para la mejora de suelos y de gran potencial para su utilización como componente forestal en sistemas silvopastoriles.

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 y Cutter, 1984; Araujo et al., 2003).

a) Servicios ecosistémicos, mejoradora de ambientes

Desde tiempos históricos el hombre utilizó el *Prosopis alba* en diversos usos cotidianos (Villagra y Morales, 2003; Fagg y Stewart, 1994) siendo una especie multipropósito para forraje, alimento humano, leña, carbón, madera, tintóreo (López, 2005; Giménez et al., 2001; 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 la conducta, la reproducción y la sobrevivencia de los animales. Por otro lado, este cultivo es conveniente desde el punto de vista medioambiental ya que, por ser una leguminosa, fija nitrógeno en el suelo, aportando entre 100 a 400 kg/ha/año, y resulta ser una especie mejoradora de suelos salinos (Sciammaro et al., 2015).

b) Alimentación humana y animal

En Argentina, la utilización de los frutos de algarrobo (algarroba) y sus productos se remonta a las culturas prehispánicas. En la provincia de Santiago del Estero los pobladores locales preparaban “patay”, “aloja” y “añapa” (Burkart, 1952; Ochoa de Cornelli, 1996). En la provincia de Mendoza, los indios Huarpes, al no disponer de trigo, maíz o arroz para elaborar el pan, utilizaban algarroba que cosechaban y almacenaban (Rusconi, 1962). En la provincia de Chaco, los tobas, preparaban harina con las algarrobas de *P. alba* y *P. nigra*, dejándolas secar y moliéndolas en un mortero para consumirlas disueltas en agua (Martínez-Crovetto, 1964). Su uso en alimentos humanos responde a su sabor agradable y su alto valor nutritivo; además constituye un excelente forraje.

Composición química del fruto y valor nutricional:

La información sobre *P. alba* está referida a composición química de frutos (Galera et al., 1992; Oduol et al., 1986; Prokopiuk et al., 2000), pulpas (Rozycki et al., 1998), y semillas (Lamarque et al., 1994).

Prokopiuk et al. (2000) reporta que el aprovechamiento industrial de los frutos de *P. alba* es nulo y la composición de los mismos molidos y secados a 60 °C por 60 minutos, expresados en gramos por kilogramo de masa seca, es: proteínas (71,7); grasa (21,7); cenizas (31,3); carbohidratos totales (849,6); azúcares totales (591,4); azúcares reductores (27,6), fibra cruda (24,3); fibra dietética insoluble (200,9); fibra dietética soluble (64,7); fibra dietética total (265,6), taninos condensables (5,7); polifenoles solubles totales (0,06); y presencia de Ca (1274,5 mg/k), Fe (450 mg/k), K (8920 mg/k), Mg (967 mg/k).

Los frutos de los *Prosopis* spp. son considerados como importantes recursos alimenticios en regiones áridas y semiáridas del mundo, con un contenido de proteínas entre 11 y 17 g/100g MS teniendo como aminoácidos limitantes tirosina y metionina/cistina y de 13 a 34 g/100g MS de carbohidratos, siendo el principal azúcar la sacarosa (Meyer et al., 1986).

Entre los factores antinutricionales (tripsina, ácido fítico, taninos), los taninos son comunes en las semillas de leguminosas y se han hallado en cantidades considerables en algunas especies del género *Prosopis*. Dada la baja proporción de taninos en frutos de *P. alba*, son insignificantes los efectos adversos de los taninos condensados (5,7 g/kg base seca) y polifenoles solubles totales (0,06 g/kg base seca). Por lo tanto, su presencia no constituye un factor limitante para ser usado en la elaboración de alimentos (Prokopiuk et al., 2000); aunque se ha informado efectos tales como disminución de digestibilidad de proteínas, depresión de crecimiento e inhibición de enzimas digestivas (Singleton, 1981).

González-Galán et al. (2008) detectaron valores bajos de actividad hemaglutinante en *P. alba*. El simple hecho de presentar actividad hemaglutinante baja no nos permite descartar la posibilidad de estar frente a una lectina tóxica. Las lectinas disminuyen la absorción de nutrientes, provocan pérdida de proteína, rápida pérdida de peso e inhibición de crecimiento; además, muestran capacidad de inhibir varias enzimas intestinales.

Si bien existen en el Código Alimentario Argentino referencias para harina de *P. alba* “algarrobo blanco” y *P. nigra* “algarrobo negro” distinguiendo entre harina de semilla y harina del fruto entero, la regulación no hace referencia a la granulometría. Según el texto del Artículo 681 - (Resolución Conjunta SPReI N°56/2010 y SAGyP N° 538/2010): Con el nombre de Harina de algarroba, se entiende el producto de la molienda de las semillas, limpias, sanas y secas, del algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) y/o algarrobo negro (*Prosopis nigra* (Grisebach) Hieronymus). La norma establece además que: “el producto estará libre de materias extrañas e impurezas y en perfecto estado de conservación. Su contenido en agua no será mayor de 10% a 100 °C – 105 °C, y sus cenizas no excederán de 2,5% a 500 °C – 550 °C. En el caso particular de harina tostada, el contenido de agua no deberá superar el 5% a 100 °C – 105 °C”. En el texto del Artículo 681 tris - (Resolución Conjunta SPReI N°56/2010 y SAGyP N°538/2010) se lee: “Con el nombre de Harina de fruto (vaina completa con sus semillas) de algarrobo, se entiende el producto de la molienda de los frutos completos limpios, sanos y secos, del algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) y/o algarrobo negro (*Prosopis nigra* (Grisebach) Hieronymus)”.

Harina de algarroba:

La harina de algarroba (HA) tiene una menor cantidad de proteína que la harina de trigo mientras que es mayor la cantidad de grasa, cenizas y fibra. El contenido de fibra es casi 10 veces mayor y, por consiguiente, es menor el contenido de carbohidratos disponibles, lo que resulta en una importante disminución del valor calórico, casi un 50% menor que el de la harina de trigo. La composición de la HA estudiada se asemeja a la de otras especies de *Prosopis*, caracterizadas por importantes aportes de fibra dietaria y niveles moderados de proteínas si bien los contenidos absolutos pueden variar, reflejando la biodiversidad y la singularidad de cada especie (Zuleta et al., 2012).

Las buenas propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la harina de algarroba hacen que la misma constituya un ingrediente ideal para la elaboración de diferentes productos horneados dulces saludables (Sciammaro, 2015).

Para la elaboración de galletas, es tecnológicamente posible sustituir hasta un 20% de harina de trigo por harina de algarroba y/o mezcla de harina de algarroba; mejorando la calidad proteica, incrementando el aporte de fibra y minerales de los productos obtenidos con las mezclas (Macías et al., 2013). Cabe señalar que otros estudios efectuados en Argentina muestran la factibilidad de reemplazar la harina de trigo por harina de *Prosopis alba*, hasta el 4% en la obtención de pan francés y pan de molde, y hasta en el 12% el caso de galletitas dulces (Rozycki et al., 1998).

La harina de algarroba presenta buena solubilidad y absorción en agua, posee sólidos solubles para harinas integrales cruda y tostada de 65,00 y 33,25 g/100g respectivamente (Margalef et al., 2012).

Se utiliza también la harina para la elaboración del “patay” o pasta harinosa obtenida al moler la algarroba madura y seca en mortero y pasarla por cedazo fino. Es un producto dulce (17,2% glucosa y 26,9% sacarosa) elaborado con harina fina y seca. La harina se mezcla con agua hasta formar una masa. Esta masa se introduce en moldes circulares y se hornea. Se vende en mercados regionales y constituye un importante alimento regional en Santiago del Estero y otras provincias de Argentina (Galera, 2000).

Sustituto del café:

En Perú, Grados y Cruz (1996), a partir de la molienda de frutos de especies nativas

del género, han analizado las diferentes fracciones obtenidas para la elaboración de variados subproductos, como sustituto del café. Prokopiuk (2004), ha ensayado procesos controlados de molienda para la obtención de sustitutos de café a partir de frutos de *P. alba*. Al respecto, Hieronymus (1882) ya cita que las semillas tostadas podrían reemplazar al café.

Actualmente, entre los productos derivados existentes en el mercado, figura el sustituto del café (granos o polvo soluble instantáneo) como una alternativa saludable (Mom, 2012).

El aroma de la infusión resultante presenta matices de tostado, miel, hierba y chocolate. Resulta parecido al del café genuino y tuvo aceptación entre los consumidores. Recientemente, algunas pequeñas fábricas en Perú comenzaron a elaborar sucedáneos de café o café de algarroba (Cruz, 1999). En la provincia de Formosa (Argentina), este producto es fabricado y comercializado por pobladores originarios de la etnia Wichi.

El café de algarroba es un producto derivado de las fracciones 3 y 4 de la molienda de la chaucha de algarrobo (Traskauskas et al., 2001).

Bebidas:

Se puede producir alcohol etílico de buena calidad a partir de la fermentación de los frutos con un rendimiento de 27 litros de alcohol absoluto por cada 100 Kg. Con las vainas se preparan distintos productos que son muy consumidos por la población local. En menor proporción se prepara “arope, algarrobina o miel de algarrobo”, líquido oscuro y espeso que se obtiene al cocinar en agua las vainas de algarrobo. Es factible la elaboración de distintas bebidas alcohólicas, como “añapa” y “aloja” (Galera, 2000).

La aloja es una bebida fermentada típica de la región del noroeste argentino elaborada con vainas enteras de algarrobo blanco. Los protocolos para preparar aloja se han ido transmitiendo en forma oral de generación en generación, ya que es una práctica artesanal casera, que depende del productor y de la región en donde se la elabora. Es una bebida fermentada, autóctona y ancestral de sabor dulce que se bebe muy fría y se

compra en puestos callejeros. Las vainas de *Prosopis alba* se muelen en un mortero y se introducen con agua en una vasija para favorecer el proceso de fermentación. La mezcla se guarda en lugar fresco, seco y en oscuridad. Luego de dos días, los pedazos de vainas se remueven en forma manual, se descartan, y se agregan nuevas vainas de modo de favorecer la fermentación. El punto óptimo de la bebida se detecta por cata o degustación. La aloja debe ser consumida en pocos días ya que tiene un período de preservación muy corto. Generalmente se consume por sus propiedades diuréticas (Sciammaro, 2015).

El arrope, algarrobina o miel de algarrobo es un líquido denso y oscuro obtenido luego de machacar las vainas de algarroba con agua y cocinar la mezcla durante 8 horas. Durante este proceso se produce la concentración de azúcares. En la mitad de la cocción se separan las semillas. Se obtiene un jarabe oscuro tipo miel (Sciammaro, 2015). Añapa es una bebida refrescante preparada con vainas maduras de algarroba. La gente prefiere *Prosopis alba* en vez de *Prosopis nigra*. Las vainas se trituran en un mortero y se las mezcla con exceso de agua fría. Se agita la dispersión y luego se filtra. Se deja luego reposar el filtrado en vasijas especiales de barro, tipo tinajas o directamente en recipientes de vidrio (Sciammaro, 2015).

Alimentación animal:

A pesar de que la harina de la vaina del *Prosopis* sea ampliamente utilizada en la elaboración de bebidas, dulces y substitutos del café (Meyer et al., 1986; Bravo et al., 1998; Bernardi et al., 2006) los trabajos relacionados al estudio de los antinutrientes en la harina son muy escasos.

Se recomienda utilizar hasta el 14% de harina de algarrobo en la alimentación de conejos durante las etapas de crecimiento-engorde, ya que debido a su alto contenido de fibra cruda se vuelve más lenta la digestión, por lo cual hay un menor consumo de alimento. Además, se sugiere aprovechar al máximo la producción de esta leguminosa arbustiva, con la finalidad de que sirva para la alimentación de otras especies pecuarias (Macías-Rodríguez y Usca-Méndez, 2017).

Goma de algarroba:

La goma de algarroba obtenida es un hidrocoloide con propiedades funcionales que lo convierten en un aditivo con capacidad espesante y estabilizante adecuado para la incorporación en sopa de arvejas y postre sabor a dulce de leche con características sensoriales aceptables y sin sinéresis (Millán et al., 2016).

Resina de algarrobo:

Se logró la extracción de sustancias colorantes de *P. alba* resultando apto para el teñido de textiles con métodos simples y buena solidez del color. Esta ha sido una iniciativa de INTI Formosa e INTI Textiles con el objetivo de capacitar a las comunidades Wichi y Toba en la aplicación de estos colorantes (Jarzinski et al., 2015).

Se trata de un pigmento para fibras proteicas y celulósicas de uso en industria textil y posiblemente como colorante alimenticio; obtenido a partir de extracto de chauchas de *Prosopis*. El producto es un polvo de color violeta-rojizo que puede utilizarse como ingrediente. Es soluble en agua. Se ha testeado que puede ser envasado en envases herméticos de vidrio o films impermeables (Álvarez et al., 2015).

Semillas:

Como producto de desecho en el proceso de obtención de harinas de vainas se comenzaron a estudiar las semillas de *P. alba* encontrando que las mismas tienen propiedades nutricionales y funcionales. Entre los fitoquímicos extraídos se destacan fenólicos solubles totales 5,05-8,58 mg EAG/g harina, fenólicos flavonoides precipitados 0,10-0,31 mg EQ/g harina, no flavonoides 2,68-4,01 mg EAG/g harina, observándose mayor variación en el contenido de taninos condensados 44,75-223,72 mg EPB₂/g harina, metabolitos con propiedades antioxidantes, pero a la vez considerados como antinutricionales. Se identificaron 3 flavonoides C-glicósidos y un ácido fenólico. Presentaron actividad antioxidante permitiendo identificar propiedades beneficiosas para la salud humana (Correa-Uriburu et al., 2017).

Medicinal:

Entre las aplicaciones medicinales de *Prosopis alba* pueden mencionarse: los frutos tienen la propiedad de disolver los cálculos de vejiga; se emplean como antibronquial y laxante. Emplastos de frutos verdes, después de separar las semillas, curan fracturas de huesos sin herida (Hieronymus, 1882). En el centro y norte de la provincia de Santa Fe su savia se utiliza para combatir “el mal de ojo”.

Sus hojas procesadas se utilizan para curar las rescaledaduras y quebraduras de los huesos; el macerado de las mismas se usa como antiséptico (Amsler, 1986). Sus flores tienen propiedades diuréticas; y la corteza como antidiarreico y contra las oftalmías (Giménez et al., 2016).

c) Recurso maderable

Prosopis alba es una de las especies nativas de mayor uso para madera de aserrío en Argentina, registrándose en los últimos años un aumento constante en su tasa de aprovechamiento. Dado 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).

Se adapta perfectamente en sistemas de producción silvopastoriles y agroforestales, ya que permite que pasturas y cultivos prosperen bajo su dosel. La amplia copa no densa aporta materia orgánica y nutrientes, en especial nitrógeno. El sistema radical no es competitivo con gramíneas (Karlín et al., 1997).

Al ser palatable para el ganado y animales silvestres, son pocas las plantas que llegan a adultas en lugares sin protección. Las que prosperan en estas condiciones generalmente se encuentran resguardadas por arbustos u otras plantas espinosas, en el caso de que algún animal las coma quebrando la dominancia apical, las plantas emiten varios rebrotes, dando como resultado plantas con varios fustes. Este fenómeno ocurre con la mayoría de las especies del género. Los árboles originados de esta forma son de más rápido crecimiento en los primeros años porque se nutren del árbol madre (Gallera, 2000).

Producto maderero:

Su corteza es marrón rojizo y, luego de cortada, se torna marrón oscuro. La albura es de color blanco amarillento y el duramen castaño rosado. Presenta gran cantidad de parénquima longitudinal y radios anchos; su textura varía de mediana a gruesa (Galera, 2000). Su veteado es pronunciado, floreado suave en el corte tangencial y jaspeado tenue en el corte radial. Es una madera moderadamente pesada a pesada con una densidad aparente al 15% de humedad de 0,760 kg/dm³. Resistente al ataque de hongos e insectos, se clasifica como madera durable. Una de sus mejores cualidades es la gran estabilidad dimensional. Muestra buen comportamiento durante el secado, sin deformaciones, tanto en el proceso natural como artificial. No ofrece dificultades para el aserrado en verde y permite superficies lisas y pulidas. Debido a su dureza presenta dificultades para el clavado. Requiere pretaladrado. Fácilmente penetrable con regular absorción de líquidos impregnables. Toma bien tintes, lustres y barnices (Di Marco, 2013). De color más oscuro que otros algarrobos, dura para clavar y permeable a tratamientos de impregnación. Posee buena respuesta al cepillado y posibilidades de debobinar (Galera, 2000).

FAO (1985) menciona que la duración de la madera es independiente de la edad y la permeabilidad de la albura es mayor que la del duramen y tiende a incrementarse con la edad. La capacidad mecánica puede incrementarse con la edad del árbol, en cambio, es relativo el incremento de la densidad de la madera. Por su parte, Giménez et al. (1998) realizaron un análisis epidométrico y consideraciones anatómicas en *P. alba*; estos estudios permitieron determinar que los anillos de crecimiento tienen un espesor medio de 4,05 mm, que el espesor medio de la albura es de 3 (2–6) anillos, no existiendo correlación entre la albura y la edad; que el espesor medio de corteza es 1,6 mm (0,39 mm corteza viva y 0,74 mm corteza muerta) y el proceso de duraminización se inicia entre los 3–6 años. La proyección del incremento medio anual (IMA) en el volumen se interceptaría a una edad de 25 años, pudiendo interpretarse como el turno tecnológico de corta.

En Argentina más del 60% de los muebles de algarrobo son elaborados con madera de *Prosopis alba*. Se la emplea en la elaboración de muebles de madera maciza de excelente calidad, fabricación de marcos de puertas y ventanas. También se usa para la elaboración de barriles de vino, hormas de zapatos y parquets (Tortorelli, 2009); productos como platos, utensilios, cajas, adornos, etc., son realizados por artesanos locales con algarrobo (Galera, 2000).

Como combustible es un recurso excelente debido a su poder calorífico elevado, de combustión lenta y escasa ceniza (Di Marco, 2013). Su leña produce 4200 Kcal/Kg y, el poder calorífico de su carbón es de 6500 Kcal/Kg, con una eficiencia de transformación donde 4–5 tn de leña equivalen a 1 tn de carbón (Galera, 2000). Aparte de estas aplicaciones la madera de duramen puede proporcionar del 10 al 12% de su peso de un extracto tánico de buena calidad, especial para curtir pieles finas a las que otorga consistencia suave y flexible (Dimitri et al., 1998; Zurloaga et al., 2008; Tortorelli, 2009).

Esta especie junto al algarrobo negro (*Prosopis nigra*) han sido excesivamente explotadas en toda su área de distribución, caracterizada por la extracción de los mejores ejemplares arbóreos, limitando drásticamente la capacidad para generar productos leñosos y alimenticios en la cantidad y la calidad que demanda la población. Por otra parte, los sistemas de producción agrícola de Argentina aspiran a obtener altas producciones y de alto valor exportable, modelos que no sólo se llevan a cabo en ambientes productivos como la región pampeana, sino que se expanden hacia ambientes marginales como el Espinal y el Chaco. Para lograrlo deben modificar los ambientes adaptándolos a los modernos sistemas de producción eliminando los estratos de vegetación uniformando de esta manera el espacio, por lo que los bosques ceden paso a la agricultura y ganadería (Karlin, 1988; Dimitri et al., 1998; López, 2005). Estas actividades trajeron aparejada la pérdida de germoplasma que compromete el potencial evolutivo de las especies y limita la capacidad de recomponer su productividad (Salto, 2011).

Situación tecno-productiva de la madera de P. alba:

La principal materia prima que abastece a los eslabones productivos proviene fundamentalmente del bosque nativo del Chaco y en algunos casos del interior de Corrientes y Formosa, donde se destaca el Algarrobo como madera más utilizada (Bonfanti, 2014). La producción del sector se orienta principalmente a productos artesanales y mobiliario rústico en base a maderas nativas (Federico, 2016). Se aprecia que la ventaja inicial de contar con abundancia de materia prima, básicamente algarrobo, hoy no es tal, sino que se está próximo a la escasez del recurso. Las estimaciones más conservadoras hablan de un horizonte de abastecimiento que alcanza sólo para los próximos 10 años. La evidencia de ello es el alza exponencial de su precio. En consecuencia, la necesidad de trabajar con madera alternativa reducirá considerablemente la ventaja comparativa del bajo requerimiento de capital de trabajo en virtud de que ésta, a diferencia del algarrobo, requiere secado. El creciente desmonte, que tiene como fin en muchos casos el uso de la tierra para la producción de cultivos anuales, ha hecho que hoy el algarrobo se esté acabando (incluso en áreas donde su explotación está prohibida, como a orillas de los ríos). Ello obliga a las empresas a pagar más o bien a migrar hacia otros tipos de materiales. En ambos casos se ve afectada en forma directa tanto la rentabilidad empresarial como la sustentabilidad del recurso. La migración al uso de otras especies requiere indudablemente incorporar un proceso adicional: el secado. Para ello se debe stockear, lo que implica un costo financiero adicional (Secretaría de Política Económica del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación, 2009).

En la región del Parque Chaqueño la principal especie promocionada para la forestación es el algarrobo. En la Provincia de Formosa, se han inspeccionado 1.174 ha forestadas con algarrobo, tanto en macizo como en enriquecimiento, en la zona noreste de la provincia predominan los macizos mientras que en el oeste el enriquecimiento. En la Provincia de Chaco, se ha implementado un programa de promoción provincial (Plan Provincial de Expansión Forestal (1991 – 2005)), con el cual se han financiado

2.930 ha de algarrobo. A partir del año 2000 y hasta la fecha, la promoción forestal se realiza a través de la ley 25.080 y su modificatoria la ley 26.432, inspeccionándose 589 ha de forestación con algarrobo. Con relación a las especies forestales nativas recomendadas para la provincia, el desarrollo de un paquete tecnológico elaborado hasta la actualidad está dirigido principalmente a *Prosopis alba* (algarrobo blanco) (Bercovich, 2000).

La industria y la comercialización en la región Chaqueña son exclusivas de madera nativa. Existen dos tipos de empresas: por un lado, los pequeños aserraderos y carpinterías, sin inversión en infraestructura, marketing o comercialización, que venden localmente; y por otro lado, los grandes aserraderos, que cuentan con integración horizontal y vertical, los cuales venden dentro del país e incluso al exterior (principalmente Italia, Estados Unidos y España) (Bercovich, 2000). Esta situación en parte es verdad, ya que algunas de las forestaciones de algarrobo de la zona han tenido cortas intermedias; y sus productos se han utilizado en el mismo predio o en el mismo territorio en forma de postes de diversas dimensiones; o como leña o materia prima para la elaboración de carbón; además los diámetros mayores han sido comercializados en aserraderos y carpinterías (V. Pérez, comunicación personal, 5 de septiembre de 2018).

Hipótesis

Las diferencias en la calidad de semillas y plantas de *Prosopis alba* debido al origen se determinan mediante caracterizaciones morfométricas y ensayos de germinación de semillas, evaluaciones en vivero y seguimiento a campo de las plantas.

Objetivo General

Correlacionar la influencia de variables morfométricas de semillas con parámetros de calidad de plantas en vivero y su posterior comportamiento a campo.

Objetivos específicos

1. Caracterizar morfométricamente las semillas de *Prosopis alba* de tres diferentes procedencias:
 - a. *Prosopis alba* “Santiagoño”: 27°52'44” S, 64°9'16” O. APS ubicada a 15 km al sudeste de la ciudad de Santiago del Estero a orillas del río Dulce.
 - b. *Prosopis alba* “Chaqueño”: 24°15'58” S, 61°54'0” O. APS en el extremo oeste de la provincia de Formosa a orillas del río Bermejo, en el denominado paraje Isla de Cuba (Departamento Matacos, Formosa).
 - c. *Prosopis alba* “Salta Norte”: 22°12'1” S, 63°40'33” O. APS al extremo norte de la provincia de Salta, en la localidad de Campo Duran (Departamento General San Martín, Salta).
2. Determinar el efecto del tamaño de las semillas sobre la calidad de plántulas mediante ensayos de germinación estandarizados.
3. Determinar parámetros de calidad de plantas de *P. alba* en vivero.
4. Evaluar comportamiento a campo de las plantas producidas en vivero de *P. alba* proveniente de semillas de tres orígenes.

ANEXOS capítulo I

Figura 1. A. Distribución natural del género *Prosopis* y principales especies; **B.** distribución actual del género: nativo (verde), introducido: 1) *P. juliflora*- *P. pallida* (rojo), 2) *Prosopis* spp. (amarillo). Adaptado de Barros (2010).

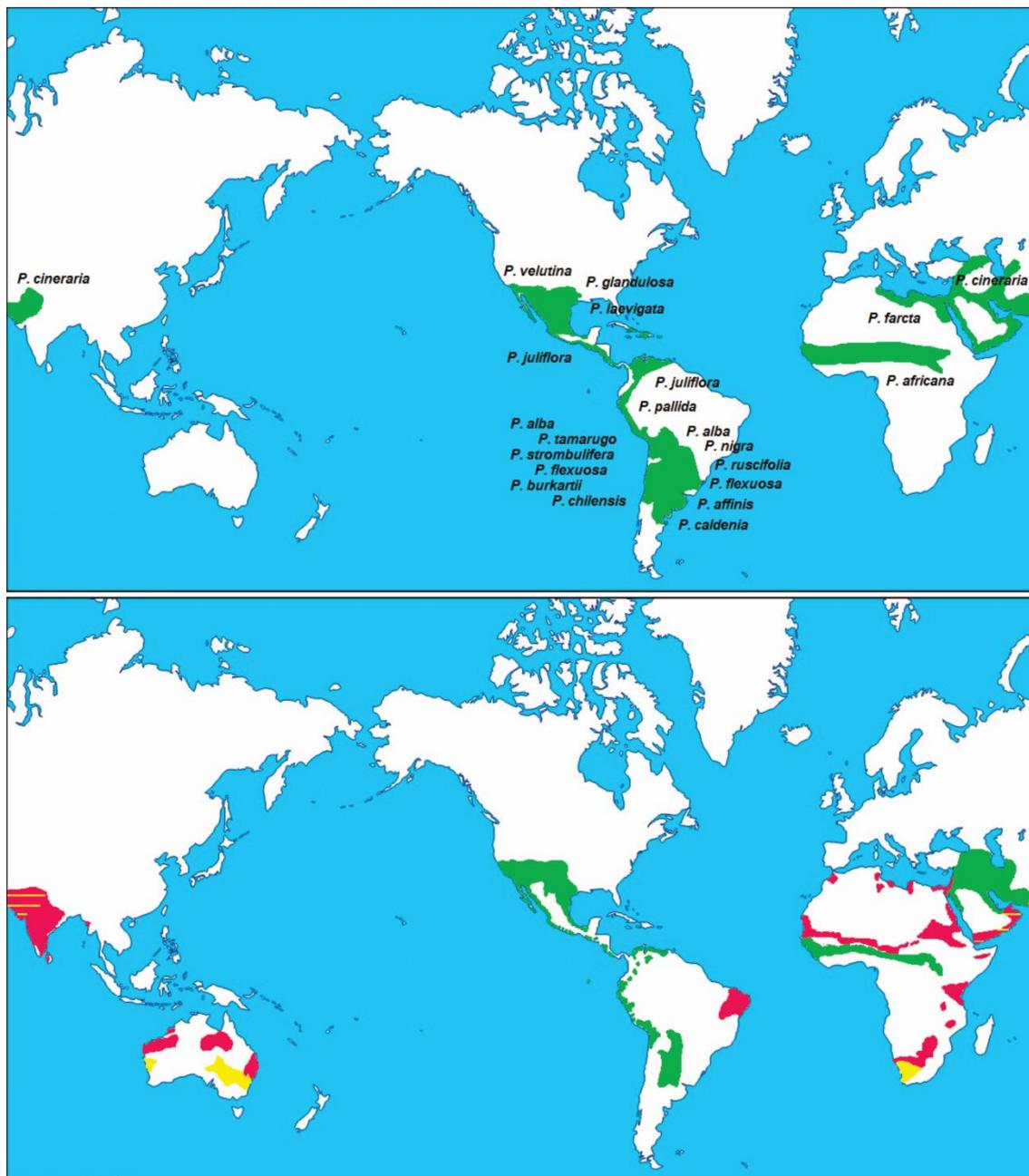


Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Prosopis* spp. basada en los sistemas desarrollados por Engler, Cronquist, Angiosperm Phylogeny Group (APG IV) y Legume Phylogeny Working Group.

Sistemas de Clasificación		
<i>Basados en criterios filogenéticos:</i>		<i>Basados en criterios moleculares:</i>
Engler	Cronquist	APG IV y LPWG*
<u>Division</u>		
Angiospermae	Magnoliophyta	Clado Eudicots
<u>Clase</u>		Clado Core Eudicots
Dicotyledoneae	Magnoliosidae	Clado Superrosidae
<u>Subclase</u>		Clado Rosidae
Archichlamydeae	Rosidae	
<u>Orden</u>		<u>Orden</u>
Fabales	Fabales	Fabales
<u>Familia</u>		<u>Familia</u>
Leguminosae	Leguminosae	Leguminosae
<u>Subfamilia</u>		<u>Subfamilia*</u>
Mimosoideae	Mimosoideae	Caesalpinioideae
<u>Tribu</u>		<u>Clado*</u>
Adenanthereae	----	Mimosoid
<u>Género</u>		<u>Género</u>
<i>Prosopis</i>	<i>Prosopis</i>	<i>Prosopis</i>

*Las categorías por debajo de "orden" en los sistemas basados en criterios moleculares provienen de la clasificación del LPWG (2017).

Fuente: Engler (1892), Cronquist (1981), Angiosperm Phylogeny Group (APG IV) (2016) y Legume Phylogeny Working Group (2017).

Tabla 2. Clasificación de Burkart (1976) mostrando sección y serie de 44 especies y 27 variedades del género *Prosopis*.

Sección	Serie	Especies y Variedades
Prosopis Arbustos o pequeños árboles, con espinas internodulares. SO de Asia y N de África.		<i>P. cineraria</i> (L.) Druce <i>P. farcta</i> (Solander ex Russell) Mac Bride var. <i>farcta</i> var. <i>glabra</i> Burkart <i>P. koelziana</i> Burkart
Anonychium Árboles sin espinas. África Tropical.		<i>P. africana</i> (Guill., Perr. & Rich.) Taubert
Strombocarpa Árboles y arbustos con espinas foliares, estípulas lignificadas, rectas, en pares divergentes, tamaño variable.	Strombocarpae SO de Estados Unidos y desde México hasta Chile.	<i>P. strombulifera</i> (Lam.) Bentham var. <i>strombulifera</i> var. <i>ruiziana</i> Burkart <i>P. reptans</i> Bentham var. <i>reptans</i> var. <i>cinerascens</i> (A. Gray) Bentham <i>P. abbreviata</i> Bentham <i>P. torquata</i> (Cavanilles ex Lagasca) DC. <i>P. pubescens</i> Bentham <i>P. palmeri</i> S.Watson <i>P. burkartii</i> Muñoz
	Cavenicarpae Sudamérica.	<i>P. ferox</i> Grisebach <i>P. tamarugo</i> F.Philippi
Monilicarpa Espinas axilares, solitarias, pequeñas. O de Argentina		<i>P. argentina</i> Burkart
Algarobia Árboles, arbustos, raramente subarbustos, con espinas, raramente sin ellas. Espinas caulinares, axilares uninodales, solitarias o frecuentemente en pares. Zonas más cálidas y secas de América.	Sericanthae Con espinas axilares y terminales. Argentina y Paraguay.	<i>P. sericantha</i> Gillies ex Hooker & Arnott <i>P. kuntzei</i> Harms
	Ruscifoliae Con espinas axilares, uninodales, solitarias. Chaco Argentina y Paraguay.	<i>P. ruscifolia</i> Grisebach <i>P. fiebrigii</i> Harms <i>P. vinalillo</i> Stuckert <i>P. hassleri</i> Harms var. <i>hassleri</i> var. <i>nigroides</i> Burkart

<p>Denudantes Espinass axilares, uninodales. Siempre solitarias. SO de Argentina, Patagonia, Cuyo.</p>	<p><i>P. denudans</i> Benthann var. <i>denudans</i> var. <i>patagonica</i> (Spegazzini) Burkart var. <i>stenocarpa</i> Burkart <i>P. ruizleali</i> Burkart <i>P. castellanossii</i> Burkart <i>P. calingastana</i> Burkart</p>
<p>Humiles Espinass axilares, uninodales. Centro de Argentina y Paraguay.</p>	<p><i>P. humilis</i> Gillies ex Hooker & Arnott <i>P. rojasiana</i> Burkart</p>
<p>Pallidae Espinass axilares uninodales. México a Argentina.</p>	<p><i>P. rubriflora</i> E. Hassler <i>P. campestris</i> Grisebach <i>P. pallida</i> (Humboldt & Bonpland ex Willd.) H.B.K. <i>P. affinis</i> Sprengel <i>P. articulata</i> S.Watson <i>P. elata</i> (Burkart) Burkart <i>P. tamaulipana</i> Burkart</p>
<p>Chilenses Espinass axilares uninodales, rara vez alternas. SO de USA y México hasta Chile, Argentina y Uruguay.</p>	<p><i>P. chilensis</i> (Molina) Stuntz emend. Burkart var. <i>chilensis</i> var. <i>riojana</i> Burkart var. <i>catamarcana</i> Burkart <i>P. juliflora</i> Swartz DC. var. <i>juliflora</i> var. <i>inermis</i> (H.B.K.) Burkart var. <i>horrida</i> (Kunth) Burkart <i>P. nigra</i> (Grisebach) Hieronymus var. <i>nigra</i> var. <i>ragonesei</i> Burkart var. <i>longispina</i> Burkart <i>P. caldenia</i> Burkart <i>P. laevigata</i> (Humboldt & Bonpland ex Willd.) M.C.Johnston var. <i>laevigata</i> var. <i>andicola</i> Burkart <i>P. flexuosa</i> DC. forma <i>subinermis</i> Burkart <i>P. glandulosa</i> Torrey var. <i>glandulosa</i> var. <i>torreyana</i> (Benson) Johnston var. <i>prostrata</i> Burkart <i>P. alpataco</i> R.A. Philippi <i>P. alba</i> Grisebach var. <i>alba</i> var. <i>panta</i> Grisebach <i>P. velutina</i> Wooton <i>P. pugionata</i> Burkart</p>

CAPÍTULO II

INFLUENCIA DE LA PROCEDENCIA GEOGRÁFICA SOBRE CARACTERES INHERENTES A MORFOMETRÍA Y CALIDAD DE SEMILLAS

INTRODUCCIÓN

Styles (1979) define procedencia de la semilla como el área geográfica y ambiental donde crecieron los árboles progenitores, dentro del cual se ha desarrollado su constitución genética. Este término, sinónimo de fuente de semilla, hace referencia al lugar físico del cual se obtuvo el germoplasma (Zobel y Talbert, 1992). La relevancia de la procedencia se basa en el control genético de caracteres de comportamiento (crecimiento, producción, supervivencia), que a su vez tienen su origen en diversas características fisiológicas sometidas a distintas presiones de selección (Climent et al., 2002), es decir que las diferencias entre poblaciones de una misma especie que ocupan distintas regiones, pueden guardar relación con la distribución de factores ambientales continuos o discontinuos, como tipo de suelo y altitud, exposición o latitud, con los factores conexos de precipitación, temperatura y fotoperíodo (Burley, 1969).

Los estudios de las fuentes de semilla (o ensayos de procedencias) son pruebas a campo con muestras de poblaciones de un área de distribución de una especie (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2005). Tales ensayos generan información útil al caracterizar la performance de cada procedencia en el sitio de evaluación. Palou-Medina (1943) sostiene la importancia de conocer el lugar de procedencia de una semilla, para su adaptación y resultado del cultivo ya que es factible identificar, en cada etapa del ciclo forestal, algún efecto producto del origen geográfico del material. En planteos de repoblación forestal, la selección de procedencias permite lograr la máxima adaptación de las plantas al medio en el que serán ubicadas (Navarro y Palacios, 2004) y está comprobado que el uso de procedencias inadecuadas puede reducir marcadamente el crecimiento de las progenies debido a los efectos medioambientales (Muffler et al., 2016). Lo anteriormente expuesto permite aseverar lo mencionado por Trujillo (2005), quien sugiere que, además de utilizar semillas que tengan claramente establecida la calidad genética, es conveniente contar con las características de la procedencia.

Existen diversos estudios de la influencia de la procedencia geográfica de las semillas sobre la germinación y el crecimiento de especies forestales; e inclusive muchos de ellos indican diferencias en cuanto al vigor (Juárez-Agis et al., 2006; Hernández, 2011). La clasificación de las semillas por tamaño para determinar la calidad fisiológica ha sido ampliamente utilizada en la reproducción de diferentes especies de plantas (Alves et al., 2005).

Como antecedente en la especie en cuestión, y relacionado a características morfológicas, se cuenta con caracterizaciones de plántulas de *P. alba*, *P. alpataco*, *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. hassleri*, *P. denudans* y *P. strombulifera* (Burghardt et al., 2000; Jorratti de Jiménez et al., 2011) y de semillas de *P. alba*, *P. flexuosa* y *P. nigra* (Jorratti de Jiménez et al., 2011), pero ellas apuntan a la identificación de descriptores morfológicos que permiten el reconocimiento de las especies a campo y no a la diferenciación de procedencias.

Así como en los caracteres morfológicos, la amplia distribución de las especies permite un margen considerable para la variación fisiológica en las semillas (Ginwal et al., 1995) y la situación ecológica que éstas pueden encontrar particularmente durante la fase de maduración tiene un efecto definitivo en la calidad de la semilla (Devaranavadi et al., 2003).

La calidad de semilla comprende aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos y puede definirse como los atributos inherentes que determinan su potencial de germinación y sus características de crecimiento posterior (Mborá et al., 2009). En este sentido, la procedencia de la población de la cual se recolectan las semillas es importante ya que aunque sean de la misma especie, las semillas que se desarrollan en un gradiente latitudinal pueden mostrar características notablemente diferentes (Daws et al., 2006). Las pruebas de germinación constituyen el procedimiento más ampliamente usado para determinar calidad de semillas y, aunque sobreestiman el comportamiento de las mismas, pueden complementarse con la determinación del

vigor, que brinda una respuesta que correlaciona mejor con los resultados de germinación a campo (Copeland y McDonald, 2012).

La Asociación Oficial de Análisis de Semilla (AOSA, 2014) define a las pruebas de vigor como herramientas para la determinación del potencial fisiológico de las semillas y entre sus objetivos figuran la generación de información que complemente a las pruebas de germinación así como la detección de diferencias en la calidad de semillas con porcentaje de germinación similar, entre otros. La evaluación del vigor puede realizarse mediante pruebas de estrés, las que implican la germinación de las semillas durante o después de ser sometidas a condiciones estresantes. Las mencionadas pruebas de estrés incluyen diferentes métodos: prueba de frío, prueba de germinación con frío, prueba de estrés osmótico y la prueba de envejecimiento acelerado (EA) (Navarro-Boulandier y Febles-Pérez, 2000). Las pruebas de EA, basadas en el aumento del deterioro de las simientes cuando se exponen a condiciones de alta temperatura y humedad relativa por períodos de tiempo que varían según la especie, son de las más utilizadas a nivel internacional. Una de sus deficiencias radica en que, en función de la especie y para una misma temperatura, el aumento del período de exposición proporciona ganancias en los porcentajes del contenido de agua de las simientes. Para contrarrestar este factor, se sugiere el uso de soluciones saturadas de sales (NaCl, KCl o NaBr) durante su realización, con el objetivo de reducir la humedad relativa en el interior de los compartimientos individuales y retardar la absorción de agua por la semilla. Esta modificación se denomina “test de envejecimiento acelerado con uso de soluciones saturadas de sal” (SSAA por sus siglas en inglés) y fue propuesto por Jianhua y McDonald (1996).

Si bien se carece de información acerca de la estandarización del método para diferentes especies (temperatura y períodos adecuados de exposición de las pruebas de EA), en la literatura predominan investigaciones acerca del uso de períodos de exposición que pueden causar estrés mucho más drásticos que los enfrentados por las semillas durante el transporte y el almacenamiento, y aun en las condiciones de siembra en

campo (Lima et al., 2006). Al mismo tiempo, las investigaciones relacionadas con la confección de metodologías apropiadas para la medición del vigor enfatizan en las especies hortícolas, siendo muy escaso el trabajo en esta dirección en especies leñosas y más aún en leguminosas de hábito de crecimiento arbustivo y arbóreo. Marcos-Filho et al. (2001) aseguran que la única prueba de estrés que se realiza entre las semillas de árboles es la de EA limitándose su uso a especies que poseen simientes grandes; al tiempo que fue menos estudiado en especies de semillas pequeñas.

La caracterización biométrica de las semillas así como las pruebas de germinación y vigor constituyen instrumentos que permiten determinar la calidad del material vegetal. Al mismo tiempo, como estos parámetros están influenciados con las características ecológicas del sitio de origen de las semillas (Trujillo, 2005), resultan de utilidad para comparar simientes de distintas procedencias. En este contexto, el presente capítulo se propone los siguientes objetivos:

1. Evaluar experimentalmente la influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de *P. alba* de tres orígenes geográficos, caracterizando cada procedencia.
2. Determinar la calidad de semilla de tres orígenes geográficos a través de pruebas de germinación normal y envejecimiento acelerado y valorar el efecto de la procedencia sobre éstos parámetros

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal. La zona de cosecha de los orígenes en estudio se extiende de los 22°12'1" S (SN) hasta los 27°52'44" S (Sg); y de los 61°54'0" O (Ch) hasta 64°9'16" O (Sg). Se trabajó con semillas de *P. alba* provenientes de tres áreas productoras de semillas, las cuales se corresponden a tres grupos morfológicos distintos, con diferencias morfológicas importantes sobre todo entre los algarrobos Chaqueños y los Santiagueños, especialmente en las hojas; los mismos fueron determinados por taxonomía numérica por Verga y colaboradores (2009):

Prosopis alba “Santiagueño”: 27°52'44" S, 64°9'16" O. Se ubica a 15 km al sudeste de la ciudad de Santiago del Estero a orillas del río Dulce. La temperatura media anual es de 20,7 °C y la precipitación media anual de 579 mm (Figura 2A y B). Procedencia confirmada mediante análisis taxonómico y morfológico por Verga (2014).

Prosopis alba “Chaqueño”: 24°15'58" S, 61°54'0" O. Se ubica en el extremo oeste de la provincia de Formosa a orillas del río Bermejo, en el denominado paraje Isla de Cuba (Departamento Maticos, Formosa). La temperatura media anual es de 22,8 °C y la precipitación media anual de 678 mm (Figura 2A y C). Como resultado de los ensayos de orígenes de *P. alba* realizados por Delvalle et al. (2003), en los cuales esta procedencia se destacó por presentar alta homogeneidad en las variables tales como altura total y diámetro a la altura del cuello, se la incluyó en esta evaluación.

Prosopis alba “Salta Norte”: 22°12'1" S, 63°40'33" O. Se ubica en el extremo norte de la provincia de Salta, en la localidad de Campo Duran (Departamento General San Martín, Salta). La temperatura media anual es de 21,9 °C y la precipitación media anual de 1054 mm (Figura 2A y D). Procedencia identificada mediante análisis taxonómico y morfológico por Verga (2014).

Para los sitios Santiago del Estero e Isla de Cuba se cosecharon 30 árboles y se conformaron pools de semillas de los mismos; se cosechó en todos los casos al menos 1 kg de vainas por árbol. Para el sitio Campo Durán, la cosecha fue masal y la muestra se conformó con 40-50 árboles.

Caracterización morfométrica de las semillas. Para la biometría de semillas se siguió la metodología de Bravato (1974) que establece el tamaño de las semillas a partir de mediciones de longitud y ancho. Se incluyó en el presente la medición del espesor de las simientes tomada en la parte central de las mismas. A partir de los datos obtenidos se calculó la relación longitud-ancho (L/A) y volumen (V). Para definir la forma de la semilla se siguió lo indicado por Murley (1951). Las mediciones se realizaron sobre 100 semillas de cada procedencia tomadas al azar y mediante el uso de un calibre de precisión de 0,1 mm.

Caracterización colorimétrica de las semillas. La estimación del color de la cubierta seminal se realizó sobre 100 semillas mediante la carta de colores de Munsell. Este sistema se basa en un modelo tridimensional en el que cada color está compuesto por tres atributos: Hue (color), Value (claridad / oscuridad) y Chroma (saturación o brillo del color). Se configura como una escala numérica con pasos visualmente uniformes para cada atributo de color y en la notación cada color tiene una relación lógica y visual con todos los demás colores (Munsell, 1975; 2018).

Peso de 1000 semillas. Se determinó conforme a lo establecido por la Asociación Internacional de Análisis de Semilla (ISTA, 1999); se empleó para las mediciones una balanza de precisión de 0,001 g.

Peso volumétrico. Para determinarlo se utilizó una probeta de 10 mL; se pesaron 2 g de semillas de cada origen midiéndose el volumen para su posterior transformación a kg/hl. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

Pruebas de envejecimiento acelerado. 1) Con calor húmedo (EACH) (Delouche y Baskin, 1996): se sometieron las semillas a una temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa del 100% por un lapso de 48 hs. Para ello se utilizaron frascos de vidrio conteniendo 100 mL de agua destilada y una malla de tul por encima del nivel del agua como medio de soporte de las semillas. 2) Con solución saturada (EASS): Se empleó el mismo procedimiento anteriormente descrito, excepto que en cada frasco se agregaron 40 g de NaCl; el tiempo de permanencia en las condiciones mencionadas fue de 48 hs. 3) Con calor seco (EACS): las semillas se sometieron a calor seco en estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 0% de humedad relativa por 48 hs. Los efectos de los diferentes tratamientos de EA se contrastaron con un testigo no envejecido sometido a escarificado mecánico consistente en lijado manual con lija N° 180 seguido de imbibición en agua a temperatura ambiente por 24 hs., tratamiento pre-germinativo superior determinado en ensayos anteriores (Fontana et al., 2014). Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una.

Luego del EA y el tratamiento pre-germinativo del testigo se retiraron las semillas y se efectuó una prueba de germinación normal con el método sobre papel e incubación a 25 ± 2 °C, considerando semilla germinada a aquella con la radícula emergida y de 2 mm. A los 7 días se contaron los porcentajes de plántulas normales, anormales y la presencia de semillas duras, frescas y muertas mediante la observación directa; también se determinó el porcentaje de germinación (PG), la energía germinativa (EG), el índice de envejecimiento (IE), el tiempo medio de germinación máxima (TMG) y el valor de germinación (VG) calculados para un plazo de 200 días.

Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

IE según (Wang et al., 1992):

$$IE = (PG \text{ inicial} - PG \text{ post EA}) / PG \text{ inicial.}$$

$$PG (\%) = (\text{semillas germinadas} / \text{semillas puestas a germinar}) * 100.$$

La EG calculada fue la correspondiente al tiempo transcurrido desde la siembra hasta la germinación del 40 % de las semillas.

TMG según Silva y Nakagawa (1995):

$$TMG = \sum (TiNi) / N,$$

Dónde: Ti es el número de días transcurridos desde el inicio del ensayo, Ni es el número de semillas germinadas en el día y N el número total de semillas germinadas.

VG se calculó mediante el método de Czabator (1962):

$$VG = VM * GDM,$$

Dónde: VM corresponde al valor máximo entre los valores producto de la división del porcentaje acumulado de germinación y la cantidad de días que se tardó en obtenerse; y GDM es la germinación media diaria, calculada como la razón entre el porcentaje final de germinación (PG) y el número de días transcurridos hasta llegar a ese valor.

Análisis estadístico.

Estadística univariada. Los datos fueron tratados estadísticamente con el software

Infostat versión 2009 (Di-Rienzo et al., 2011). Se realizó el análisis de la varianza comparando las medias de los tratamientos a través de la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). Para las variables color y forma, se analizó la distribución de frecuencia.

Estadística multivariada: Análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados. Se aplicaron métodos multivariados de interdependencia para conocer la relación existente entre las variables consideradas y la semejanza entre los materiales estudiados. Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) con el programa estadístico R versión 3.0.1 (R Development Core Team, 2018); las variables cuantitativas simples (espesor, ancho y longitud) se utilizaron como variables activas. Previamente se estandarizaron los datos (inclusive magnitudes expresadas en la misma unidad) para dar el mismo peso a cada variable (Husson et al., 2010) y seguidamente se construyó una matriz de correlación lineal. Se utilizó el paquete FactoMineR que posibilitó la confección de elipses de confianza para las medias del grupo y el conocimiento de los p-valores de la correlación entre las procedencias y las Componentes Principales (CP). La existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los grupos de las variables estudiadas simultáneamente se verificó al no ocurrir intersección entre las elipses superpuestas sobre el gráfico de dispersión. Estos datos se graficaron en biplots realizados en base a las dos primeras CP ya que las mismas explicaron una proporción adecuada ($> 70\%$) de la varianza total (Balzarini et al., 2015). Verificado que las variables pudieron separar a las procedencias significativamente se procedió a realizar un análisis de conglomerados. Se utilizó como criterio de agrupamiento de los individuos a las CP1 y CP2 y el número de clusters comprendido entre 3 como mínimo y 10 como máximo, utilizando los datos estandarizados para conformar las CP. El objetivo de construir un árbol jerárquico fue visualizar los vínculos entre objetos para estudiar la variabilidad dentro del conjunto de los datos. Finalmente, para agrupar los materiales de las tres procedencias en grupos homogéneos en función de sus similitudes (Peña, 2002; Hidalgo, 2003; Arriaza, 2006), se realizó un análisis de conglomerados mediante el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2011). A fin de valorar

la utilidad de la inclusión o no de todos los caracteres registrados se construyeron dendrogramas a partir de las matrices de distancias Gower (variables mixtas) y Euclídea (variables cuantitativas) que consideraron al total de las variables (cuali y cuantitativas), todas las variables cuantitativas y únicamente a las variables cuantitativas simples. La distorsión de las verdaderas distancias en la estructura jerárquica de los dendrogramas se estimó calculando el coeficiente de correlación cofenético.

RESULTADOS

1. Caracterización morfométrica de semillas

1.1. Estadística univariada

Las semillas de algarrobo blanco de las tres procedencias estudiadas presentaron diferencias significativas para longitud y ancho. En este sentido, las procedentes del rodal denominado “Salta Norte” registran, para ambas variables, valores superiores a las del “Santiagoño” y este a su vez a las del “Chaqueño” (Tabla 3, Figura 3A y B). La variable espesor se mantiene constante sin diferencias entre procedencias; para la relación longitud/ ancho solo resulta estadísticamente diferente el material proveniente de “Salta Norte” que acusa un valor inferior, indicando ello que la proporcionalidad que presentan las procedencias “Chaqueño” y “Santiagoño” se desvirtúa para ese caso (Tabla 3, Figura 3C y D). Para la variable volumen, las semillas del rodal “Chaqueño” presentan valores estadísticamente inferiores a los de los restantes, entre los cuales no existen diferencias (Tabla 3, Figura 3D).

La frecuencia acumulada de formas registrada para cada procedencia se muestra similar para los rodales “Chaqueño” y “Santiagoño” y con ligeros cambios para el rodal “Salta Norte”. Para todas las procedencias, las formas ovoide, ovalada y oblonga representan entre el 88 y el 97% de las semillas y, con menor participación, se registran semillas reniformes, elípticas, obovoides y orbiculares (Figura 4).

Respecto del color (Tabla 4), el 71% de las semillas del rodal “Santiagoño”, el 47% de las del “Chaqueño” y el 51% de las del rodal “Salta Norte” presentan una coloración

marrón fuerte (marrón fuerte; 7,5 YR 4/6, 5/6 y 5/8). En segundo orden de frecuencia acumulada se observan diferencias ya que para los rodales “Santiagoño” y “Chaqueño” este lugar lo ocupa la coloración marrón amarillento (marrón amarillento; 10 YR 5/6 y 5/8) y para el rodal “Salta Norte” lo representa la coloración marrón (marrón; 7,5 YR 4/6).

Existen diferencias significativas en el peso de las semillas. Se observa un gradiente creciente que inicia con las semillas de *P. alba* “Chaqueño” y finaliza con las de mayor masa correspondiente a las de la procedencia “Salta Norte” (Tabla 5). El peso volumétrico, asociado al volumen de las semillas y la cantidad de estas que caben en 100 litros (1 hl), alcanzó los valores de $78,11 \pm 1,04$ kg/hl para *P. alba* Santiagoño, $80,14 \pm 0,04$ kg/hl para *P. alba* Chaqueño y $77,04 \pm 0,06$ kg/hl para *P. alba* Salta Norte. Solo se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las procedencias “Chaqueño” y “Salta Norte” (Tabla 5).

Por otra parte, los resultados del análisis de los valores de coeficiente de variación obtenidos de las variables cuantitativas longitud (L), ancho (A), espesor, L/A, volumen, peso de las semillas y peso volumétrico, revelaron que para peso de las semillas, ancho y volumen los valores fueron sensiblemente más elevados (Figura 5).

1.2. Estadística multivariada

El análisis de componentes principales y los gráficos conocidos como biplot son técnicas generalmente utilizadas para reducir las dimensiones y así examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables (Di Rienzo et al., 2011). La metodología permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas (cuáles están o no asociadas, cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el contrario) y la semejanza entre las procedencias estudiadas (cómo se distribuyen, cuáles se parecen y cuáles no). Es útil también para seleccionar las variables más discriminatorias y limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores (Hidalgo, 2003). Para este caso como variables discriminatorias

fueron consideradas aquellas que presentaron mayor correlación con las componentes.

En la figura 6 se presenta el biplot compuesto por un eje denominado Componente Principal 1 (CP1) -abscisas o eje X que pasa por el centroide y minimiza la distancia de cada punto- que explicó el 44,95% de la variabilidad y la Componente Principal 2 (CP2) -eje de las ordenadas o eje Y que también pasa por el centroide- que explicó el 32,26% de la variabilidad no explicada por la CP1. Ambas componentes (CP1+CP2) expresaron el 77,21% de la varianza total (Figura 6), revelando confiabilidad para representar las relaciones entre los casos (procedencias) y las variables (Arroyo et al., 2005). Los autovectores o coeficientes asociados a las variables son ponderadores de la relación de las variables con cada componente principal: mientras más grande sea este coeficiente mayor peso tendrá esa variable para explicar la variabilidad de las observaciones (Balzarini et al., 2015). En este caso, la variable ancho presentó mayor correlación (0,80) con la CP1 y, el espesor de semilla (0,88) lo hizo con la CP2, indicando que las procedencias se diferenciaron principalmente por el ancho de semillas.

La longitud de los vectores que en el biplot representan a las variables (Figura 6) no es de interés en este caso debido a que los datos han sido previamente estandarizados (si no se estandarizan las longitudes de los vectores son proporcionales a las varianzas de las variables). Sin embargo se puede inferir las correlaciones entre variables según los ángulos de los vectores que los representan (Balzarini et al., 2015). Las variables longitud y ancho presentaron correlaciones positivas pues el ángulo entre los vectores que las representan es menor a 90° (altos valores de una indican altos valores de la otra). Los vectores ancho y espesor presentaron un ángulo mayor a los 90° indicando correlaciones negativas (altos valores de una indican bajos valores de la otra). Del mismo modo se comportan los vectores de las variables longitud y espesor (Figura 6).

En la figura 7, los individuos de las procedencias se presentan en un mapa de dos componentes, donde se observa que las procedencias se diferencian significativamen-

te (Elipses de confianza $\alpha=0,05$). La procedencia Salta Norte (SN) presenta las mayores coordenadas respecto a la CP1, es decir que se caracteriza por presentar mayor ancho de semillas; con la CP2 presenta también valores positivos indicando que las semillas muestran mayor espesor. La procedencia Chaqueña (Ch) se encuentra hacia los valores negativos (hacia la izquierda) en relación a la CP1 así como también respecto a la CP2 (posición inferior), es decir que posee semillas de menor ancho y espesor. La procedencia Santiagueña (Sg), al estar cerca del centroide presenta valores intermedios. En relación a la distribución de los individuos en las componentes (Figura 7) las procedencias Salta Norte y Chaqueña se encuentran agrupadas en sentido opuesto, lo que sugiere un patrón de distribución morfológico diferente (SN=presenta semillas grandes; Ch=presenta semillas chicas), en cambio los individuos de la procedencia Santiagueña, presentarían un gradiente intermedio o de transición (Sg=presenta semillas intermedias) entre SN y Ch. También se puede observar que hay individuos que se superponen en la gráfica, determinando caracteres morfológicos iguales más allá de la procedencia. Por otro lado, hacia el extremo superior izquierdo se agrupan individuos de las tres procedencias, donde se caracterizan por presentar mayor espesor y no siguen ningún patrón.

Los resultados del análisis de conglomerados se presentan en la figura 8, acompañados de la tabla 6 donde se describen a los clusters en función de las variables cuantitativas simples (espesor, ancho y longitud) y la tabla 7 donde se los describe a partir de la variable categórica procedencia geográfica (Salta Norte, Santiago del Estero y Chaco). La tabla 6 muestra el promedio para las variables cuantitativas que caracterizan cada clúster (Media de la categoría), el promedio para la variable para el conjunto total de datos (Media general), el desvío estándar asociado y el p-valor correspondiente a la hipótesis de que la media de la categoría es igual a la media global. Si el p-valor es menor a 0,05 la media del clúster es significativamente mayor o menor a la media global, según el signo del v. test. El test de valor (v. test) es considerado una desviación "estandarizada" entre la media de los individuos de una categoría y la media glo-

bal; según su signo indica si la desviación del clúster es con valores menores o mayores. La variable espesor de semillas estuvo más significativamente asociada al clúster 1, es decir la media de la categoría (MC) fue mayor a la media general (MG) (Tabla 6). Por lo tanto, se puede decir que el clúster 1 se caracteriza por presentar semillas de mayor espesor en comparación con los conglomerados 2 y 3. Por otro lado, presentó un valor negativo para ancho de semilla (v.test). La variable longitud presentó mayor asociación significativa con el clúster 2. La MC de longitud de semillas fue más baja que la MG (Tabla 6) por lo que el clúster 2 se caracteriza por presentar semillas más cortas en relación al clúster 3. Además presentó valores negativos para ancho y espesor (v. test). Las variables ancho y longitud de semillas presentan una mayor asociación significativa con el clúster 3; la MC del ancho y la longitud fue mayor que la MG (Tabla 6). La variable espesor presentó un valor negativo (v. test). La interpretación de tales resultados indica que el clúster 3 se diferencia del clúster 1 y 2 por presentar semillas más grandes.

El conglomerado también fue descrito en función a la variable categórica procedencia geográfica. Se realizó un X^2 -test entre la variable categórica y la variable de conglomerado: los p-valores obtenidos indicaron que la procedencia geográfica está vinculada a la variable de conglomerado para los clusters 2 y 3 (Tabla 7).

Para el clúster 1, la procedencia geográfica no está vinculada con la variable del conglomerado, es decir que su formación no está determinada por el origen geográfico de las semillas. El mismo lo integran seis individuos de las tres procedencias y no presentan el fenotipo característico de cada una. El grupo 2 se caracterizó por la presencia de individuos de la categoría Chaco; el 84% de los individuos de la procedencia Chaqueña pertenecen al grupo 2 y, el 65,62% de los individuos del grupo 2 son del rodal semillero Chaqueño (Tabla 7, Figura 8). El clúster 3 se caracterizó por la categoría Salta Norte: hay más individuos de la procedencia SN en este grupo que en los demás. El 87,87% de los individuos de SN pertenecen al grupo 3 y el 52,40% de los individuos del grupo 3 son individuos de SN (Tabla 7, Figura 8). La participación de la pro-

cedencia Santiagueña en ambos grupos fue intermedia: en el clúster 2 se incluyeron a los individuos con valores más bajos de las variables y, en el clúster 3, a los individuos con los valores más altos (Tabla 7).

La figura 9 presenta los árboles jerárquicos resultantes del proceso de agrupamiento para las tres procedencias. Los tres dendrogramas (9A, B y C) muestran un agrupamiento mayor a un valor de distancia del 75% del rango de distancias observadas (Balzarini et al., 2015) independientemente de que se consideren las variables cuali y cuantitativas juntas o solamente las cuantitativas (todas o únicamente las simples). La menor distancia se observó en el dendrograma obtenido en función de las variables longitud (L), ancho (A), espesor, relación L/A y volumen (Figura 9B), donde la línea de corte pasa a una distancia de 2,74 (81%). Le sigue en orden creciente el dendrograma obtenido en función de las variables L, A y espesor presentado en la figura 9C; en él la línea de corte pasa a una distancia de 2,14 (81%). La mayor distancia fue la del dendrograma obtenido en función de las variables L, A, espesor, relación L/A, volumen, color y forma (9A), en el cual la línea de corte pasa a una distancia de 0,77 (92%). En los tres árboles jerárquicos la menor distancia fue observada entre las procedencias Chaqueña y Santiagueña con respecto a la procedencia Salta Norte, pero los resultados indican que las mayores diferencias se evidencian en la figura 9A. El mayor coeficiente de correlación cofenética (CCC) resultó en la figura 9A (CCC= 0,963) indicando que las distancias en el dendrograma mejor reflejan las distancias verdaderas (o evaluadas entre todos los caracteres medidos) entre los objetos que se clasifican. Menores CCC surgieron de las figuras B (CCC= 0,744) y C (CCC= 0,658).

2. Calidad de semillas

2.1. Atributos morfológicos al séptimo día

El ANAVA realizado a los resultados obtenidos al evaluar los atributos morfológicos mostró en el caso de las variables plantas normales, semillas duras y semillas muertas diferencias significativas para tratamiento, procedencia e interacción. Para la variable plantas anormales solo se halló significancia para el efecto de los tratamientos y, para

semillas frescas, hubo significancia para la interacción Procedencia*Tratamiento (p-valor de 0,0467).

El análisis de los resultados referidos al porcentaje de plantas normales que se expone en la tabla 8 mostró que el tratamiento EACH afectó de manera diferente a las procedencias: Salta Norte se mostró como la más sensible con tan solo 26,67% de plantas normales, luego la procedencia Santiago del Estero con 40% y, en último orden, la procedencia Chaqueña resultando la menos susceptible. En el caso del calor seco, las semillas oriundas de Santiago del Estero resultaron las más sensibles (35,55%) mientras que las salteñas fueron las menos afectadas con 97,78% de plantas normales. El EASS permitió diferenciar a la procedencia Santiago del Estero (60%) de la procedencia Salta Norte (88,89%) y se evidenció que fue el tratamiento que posibilitó los mayores porcentajes de plantas normales para las tres procedencias.

En cuanto al porcentaje de plantas anormales, donde solo se detectó significancia para el factor tratamiento, puede afirmarse que existen diferencias significativas entre el EACS (1,48% de plantas anormales en promedio) y el EACH (9,63%) (Tabla 8).

El EACH determinó un porcentaje de semillas duras estadísticamente superior (24,44%) en la procedencia Santiago del Estero; las procedencias Salta Norte y Chaco no muestran diferencias entre sí para este tratamiento. El tratamiento EACS determinó que la procedencia Santiago del Estero reportara el mayor valor con 62,22% de semillas duras; la procedencia Chaco reduce esta proporción a la mitad (31,11%) mientras que Salta Norte tiene el menor registro (2,22%). Del mismo modo que el EACS, el EASS muestra diferencias entre las procedencias estudiadas: el valor fue mínimo para la procedencia Salta Norte (2,22%), intermedio para la procedencia Chaco (13,33%) y máximo en el caso de las semillas Santiagueñas (37,78%) (Tabla 8). Los datos precedentes muestran que el calor seco incrementa la presencia de semillas duras; en este sentido el efecto del EACS sobre éste valor no ha sido documentado, pero una hipótesis explicaría los resultados obtenidos. El porcentaje de semillas duras en la procedencia Salta Norte no fue afectada por los tratamientos como la de los rodales Santia-

gueño y Chaqueño; esto puede responder a que, si bien las temperaturas medias de los tres ambientes son similares, el primer rodal se localiza en un área que presenta una pluviometría media de 1054 mm/año, mientras que los rodales Santiagueño y Chaqueño reciben 579 y 678 mm/año respectivamente. Considerando que las semillas de Salta Norte se desarrollan en un ambiente relativamente más húmedo, podría argumentarse que las procedencias Santiago del Estero y Chaco luego de 48 hs de calor seco reducirían su contenido de humedad a un nivel extremo determinando la necesidad de más tiempo para desencadenar el proceso germinativo por el efecto de la deshidratación sobre la velocidad de germinación (Sosa-Méndez, 2004).

En la tabla 8 se observa que para el porcentaje de semillas que experimentan imbibición pero la germinación no se desencadena (semillas frescas) es cero para todas las procedencias bajo el tratamiento testigo. La comparación de las medias considerando ambas fuentes de variación simultáneamente muestra que la procedencia Salta Norte bajo EACH (4,47%) es la única que se diferencia significativamente de esta misma procedencia sometida a EACS y EASS, del rodal Santiagueño tratamientos EACH y EASS y de la procedencia Chaco tratada con calor húmedo y seco.

El EACH es el tratamiento que ocasiona la muerte del mayor porcentaje de semillas: se ubica Salta Norte en primer orden (51,11%), seguido por las procedencias Santiago del Estero y Chaco que no se diferencian entre sí. Estadísticamente diferente y con valores de 0 y 4,45% se encuentran todas las procedencias con los tratamientos testigo, EASS y EACS (Tabla 8).

2.2. PG, EG e IE al séptimo día; TMG y VG para un plazo de 200 días

La presencia de diferencias significativas en la interacción (Procedencia*Tratamiento) indica que las procedencias responden de manera diferente en todos los tratamientos y que la respuesta de la variable PG no es independiente para ambos factores (procedencia y tratamiento).

En la tabla 9 puede apreciarse que el tratamiento testigo en las tres procedencias alcanza el 100% de germinación. El EACH determinó que la procedencia Chaco (60%)

resulte estadísticamente superior a las procedencias Santiago del Estero (44,47%) y Salta Norte (42,23%) que son similares al comparar los porcentajes de germinación logrados. Frente al calor seco las semillas provenientes del rodal Santiagueño son las que más ven afectado su porcentaje de germinación (35,53%); las oriundas de Chaco presentan un valor intermedio (68,9%) y las de Salta Norte reducen ligeramente su poder germinativo (97,77%). Estos datos indicarían que el tratamiento de calor seco sería más efectivo en el análisis de envejecimiento acelerado para las semillas provenientes del rodal Santiagueño y en menor medida para la procedencia Chaco, no así para las semillas provenientes de Salta. Por último, el tratamiento con solución salina (EASS) afectó significativamente a las procedencias de Santiago del Estero (62,23%) y Chaco (84,43%), siendo este último menos afectado. Las semillas provenientes de Salta Norte no presentaron diferencias estadísticas significativas en relación al testigo. Estos resultados indican que el origen de Santiago del Estero fue el más afectado por los tratamientos, siendo el tratamiento en calor seco (EACS) el más efectivo para este tipo de análisis, seguido por el EACH y por último el EASS. Similar comportamiento presentaron las semillas provenientes de Chaco, todos los tratamientos afectaron el PG, siendo el tratamiento EACH el más efectivo, seguido por EACS y EASS. El tratamiento con calor húmedo fue el único que afectó al PG de las semillas provenientes de Salta Norte, indicando que sería el único que genera envejecimiento acelerado.

Al estudiar la variable EG se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, procedencias y la existencia de interacción (Procedencia*Tratamiento). La significancia de interacción revela que la variable no es independiente ante los dos factores. Los tratamientos testigo, EACS y EASS no presentan diferencias entre sí para ninguna de las procedencias estudiadas; para esta variable el único tratamiento que presentó diferencias significativas entre procedencias fue el EACH ya que determinó que la procedencia Santiago del Estero ($EG = 4,67$) se diferencie estadísticamente de la Chaqueña ($EG = 1$) al requerir más días para alcanzar el 40% de germinación (Tabla 9).

Para el TMG se encontraron diferencias significativas para tratamiento, procedencia e interacción (Procedencia*Tratamiento). El efecto de los tratamientos demostró que todas las procedencias comportan igual en el tratamiento testigo pero se detectan diferencias en los tratamientos de envejecimiento: en todos los casos (EACH, EACS y EASS) la procedencia Santiagueña es estadísticamente diferente a Salta Norte y Chaco, mostrando valores de TMG más altos. Al comparar las medias considerando la interacción de los factores de variación procedencia y tratamiento (datos no mostrados), se detecta que las semillas de Santiago del Estero muestran el mayor aumento del TMG cuando son sometidas a EACS.

Esta mayor susceptibilidad de las semillas Santiagueñas podría explicarse con los datos obtenidos del efecto de la procedencia, donde la misma muestra un TMG significativamente mayor (16,99 días en promedio) respecto de las procedencias Chaco (6,51) y Salta Norte (1,60). La tabla 9 exhibe que las semillas del rodal Santiagueño sometidas a calor seco fueron las que mostraron la peor performance para el TMG (39 días) y PG (35,53%). Esta información debe complementarse considerando el efecto del calor sobre el contenido de humedad de las semillas y el consecuente efecto de la deshidratación sobre la velocidad de la germinación.

El ANAVA del VG fue significativa para los factores procedencia y tratamiento, no así para la interacción entre ambos. En este sentido la procedencia Salta Norte resultó significativamente superior (4674,4 en promedio) a las procedencias Chaco (1866,85) y Santiago del Estero (1819,19), que resultaron iguales entre sí. Al evaluar el efecto de los tratamientos, es el testigo el único que resulta ser estadísticamente superior a todos los métodos de EA aplicados (Tabla 9). El valor de germinación es una expresión numérica de la germinación y resulta un valor cercano a cero cuando la germinación es relativamente baja y cuanto más se aleje de éste, tiende a ser alto y refleja la calidad de las simientes. Cada tratamiento de EA tiene un efecto contundente sobre el VG y en consecuencia los valores más altos observados en la tabla 9 se corresponden

con los testigos de las procedencias Santiago del Estero y Chaco y el testigo y el tratamiento EASS para Salta Norte.

El análisis de los datos del IE mostró diferencias significativas para procedencia, tratamiento e interacción. El tratamiento con calor húmedo genera un IE estadísticamente menor en la procedencia Chaqueña (0,4) respecto de la Santiagueña (0,56) y Salta Norte (0,58), que no muestran diferencias entre ellas. El EACS muestra diferencias entre las tres procedencias: el IE es mínimo en las semillas de Salta Norte (0,02), se incrementa ligeramente para la procedencia Chaco (0,31) y alcanza el máximo valor en las semillas del rodal Santiagueño (0,64). El efecto del EASS es superior en la procedencia Santiago del Estero en relación a las procedencias Chaco (0,16) y Salta Norte (0,07) que resultan estadísticamente iguales. Estos resultados ponen de manifiesto que los factores tratamiento y procedencia interaccionan, registrándose que las semillas de Chaco y Santiago del Estero incrementan su IE respecto del testigo (IE = 0) cuando se les efectúa algún tratamiento de EA mientras que las de Salta Norte solo se ven afectadas ante el calor húmedo. En este sentido, el EACH sería un tratamiento aplicable para evaluar el vigor de todas las procedencias.

DISCUSIÓN

Diferencias en el tamaño de semillas de distintas procedencias han sido reportadas para diversas especies forestales como *Juniperus procera* (Mamo et al., 2006), *Nothofagus alessandrii* (Santelices-Moya et al., 2009), *Pinus oaxacana* (Méndez et al., 2001), *Quercus oleoides* (Márquez-Ramírez et al., 2005), *Swietenia macrophylla* (Acosta-Galván et al., 2012). De los caracteres evaluados, el espesor de las semillas resulta ser prácticamente constante, manifestando una mínima variabilidad dentro y entre las poblaciones estudiadas, coincidiendo con los valores encontrados para la especie por Prokopiuk et al. (2000). Esto último concuerda con lo hallado por Santelices-Moya et al. (2009) para *N. alessandrii*, quienes mencionan una alta homogeneidad

en el espesor de las semillas dimeras de cinco procedencias así como con los datos publicados sobre *Pinus hartwegii* (Iglesias-Andreu et al., 2006) y *Genipa americana* (Ramírez-Morales y Orozco-Cardona, 2010).

El color marrón fuerte es el que presentó la mayor frecuencia en las semillas de las tres procedencias. Si bien existe poca bibliografía al respecto, Jorrati et al. (2011) mencionan que este es el color característico para las semillas de *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa*. En este caso no es posible diferenciar procedencias por la coloración de las simientes pero resulta de importancia evaluar la variación del color ya que se ha encontrado en *Cecropia obtusifolia* que influye en la germinación (Tenorio-Galindo et al., 2008).

Burkart (1976) describe las semillas de *P. alba* como ovoidales; en el presente, la mayor proporción de ellas -para los tres rodales- responde a los formatos ovoide, ovalado y oblongo. Del mismo modo que el color, esta característica no resulta de utilidad para distinguir procedencias.

El peso de las semillas es una de las variables que permitió separar las procedencias acusando el coeficiente de variación más alto entre poblaciones (18%); aunque se ha encontrado que todas las procedencias arrojaron valores de pesos menores a los registrados como antecedente para la especie en cuestión (Prokopiuk et al., 2000). El peso volumétrico está directamente influenciado por el tamaño y la forma de las semillas. Considerando los resultados obtenidos, esta característica solo permite diferenciar las procedencias “Chaqueño” y “Salta Norte”.

El rango geográfico de estas fuentes de semillas se extiende desde los 22°12'1" hasta los 27°52'44" S, y desde los 61°54'0" hasta los 64°9'16" O. Los datos climáticos de las áreas muestran diferencias notorias en cuanto a las precipitaciones medias; en este sentido la procedencia “Salta Norte” es la que sobresale y registra más de 1.000 mm anuales, lo cual podría explicar que muchas de las variables alcancen la mayor dimensión en esta área. Gutterman (1992) sostiene que la disponibilidad de agua -así como otros factores ambientales- a que están sujetas las plantas madres puede ser la causa

de las variaciones de caracteres morfométricos entre poblaciones. El régimen hídrico de la zona donde se produjo la semilla influye fuertemente en el tamaño y peso de las mismas; según Wright (1976), las semillas producidas en regiones húmedas generalmente son de menor tamaño por el crecimiento más acelerado de los árboles portagranos; por su parte Sorensen y Miles (1978) concluyen que las semillas de estas regiones también presentan mayor peso. Baker (1972), por su parte, sostiene que las semillas de regiones más secas que eventualmente presentan mayor tamaño poseen una adaptación a las necesidades de un desarrollo inicial más vigoroso de las plántulas. Kulygin (1977) constató que el tamaño y peso de semillas de *Robinia pseudoacacia* varía en la misma región de producción, de un año a otro, en función de las condiciones climáticas reinantes.

Las variables ambientales han llevado a la selección y producción de diferentes tamaños de semillas, al punto de que el tamaño y el peso de las semillas varían en gran medida entre los individuos de una especie (Méndez-Guzmán et al., 2001). Baskin y Baskin (2001) mencionan que el ambiente, la genética y la interacción de ambas controlan caracteres tales como el color, la forma y el tamaño de la semilla; esas variaciones se relacionan con diferencias en los requerimientos para germinar y en el rompimiento de la latencia; asimismo existe una correlación detectada por diversos autores entre peso de la semilla y capacidad de germinación, conocimiento de suma importancia a la hora de seleccionar rodales para la producción de plantas en vivero.

Según Deichmann (1976), las semillas de una misma especie pueden variar en tamaño y peso, de una región a otra, sin que haya diferencias en su calidad; pero dentro de una misma región las semillas de mayor tamaño y las de mayor peso generalmente son más briosas que las más pequeñas y de menor peso, produciendo plantas más vigorosas y con mayor crecimiento. Mientras que para Kramer y Kozlowski (1972), las semillas de mayor tamaño pueden producir plantas más grandes por disponer de mayores reservas en su etapa inicial de crecimiento.

Variaciones significativas de peso de semillas de *Mimosa scabrella*, fueron detectadas por Fonseca (1982) entre procedencias de regiones alejadas; y sus resultados permitieron concluir que el peso de las semillas constituye una característica de naturaleza fenotípica, pudiendo ser modificada por las condiciones climáticas del lugar (Popinigis, 1975). Mientras que para Deichmann (1976), la diferencia entre tamaño y peso de semillas de una misma especie y de distintas procedencias, no implica necesariamente una diferencia en su calidad fisiológica.

La heterogeneidad en los tamaños de las semillas puede deberse a la diferencia de reservas nutritivas resultantes de las condiciones adversas durante su desarrollo, que pueden originar semillas de tamaños similares pero de pesos diferentes (Toumey y Korstian, 1954). Por este motivo algunos autores prefieren utilizar el peso asociado al tamaño como requisitos para caracterizar la calidad de las mismas.

El análisis de componentes principales (ACP) permitió arreglar y representar gráficamente el material de estudio a través de dos componentes así como la identificación de las variables discriminatorias. Existen antecedentes del uso de métodos numéricos de ordenación como el ACP en la especie: Burghardt et al. (2000) lo utilizaron para la identificación de características de plántulas que permiten la diferenciación de ocho especies del género *Prosopis* incluyendo *P. alba*; Verga (2014) analizando caracteres de hoja determinó la diferencia morfológica entre árboles tipo e individuos en estudio, realizando así un análisis taxonómico de rodales semilleros de *Prosopis* a partir del ACP; Pepermans (2015) lo empleó para distinguir las variables más representativas en la variabilidad morfológica en vivero y Vega et al. (2015) hizo uso del método para caracterizar el complejo conformado por *P. alba*, *P. hassleri* y sus presuntos híbridos interespecíficos en la provincia de Formosa mediante el análisis de variables morfológicas; no obstante no está documentado el uso de estos métodos en estudios morfo-biométricos de semillas de diferentes procedencias de *P. alba*.

La gráfica obtenida mediante el ACP sugirió la existencia de un patrón morfológico diferente para las procedencias estudiadas y también fueron identificados unos pocos

individuos (0,02%) que escapan al patrón mencionado presentándose como “fuera de tipo”. Silva (2015) afirma que la característica con mayor grado de variabilidad de las semillas es el tamaño, ya que este es uno de los rasgos evolutivos de los vegetales con mayor preeminencia y por ende el más estudiado (Souza y Fagundes, 2014; Romero-Saritama y Pérez-Ruiz, 2016). A su vez este puede comprender diferentes atributos como ancho, longitud o largo y espesor (Silva, 2015; Romero-Saritama y Pérez-Ruiz, 2016).

La importancia que revisten los mencionados caracteres es que se convierten en rasgos con un enfoque flexible o pivotante en la ecología de las diferentes especies vegetales ya que están relacionados con la fenología de la reproducción y su supervivencia (Sánchez et al., 2013; Freire et al., 2015). La variación en el color de la semilla se puede deber al contenido y distribución de pigmentos y se interpreta como una estrategia adaptativa para producir semillas que puedan germinar en un intervalo más amplio de condiciones ambientales, tal como lo comprobaran Tenorio-Galindo et al. (2008) en *Cecropia obtusifolia*, donde las semillas de un color más oscuro poseen mayor adaptación a germinar en un rango más amplio de temperatura, mientras que las de un color más claro necesitan un rango específico para desencadenar el proceso.

Conocer la variación morfológica de las semillas entre individuos de una misma población es de gran importancia ya que permite la selección de éstas con vistas a la mejora de un carácter determinado, constituyéndose en una de las fuentes de variabilidad más jerárquica disponible para los planes de mejoramiento (Baldo, 2012). El efecto de la procedencia sobre la morfología de las semillas ha sido reportada para varias especies (Singh et al., 2006; Amri et al., 2008; Ghildiyal et al., 2009; Singh et al., 2010) y las modificaciones experimentadas en rasgos como color, longitud, ancho, espesor y peso responderían a diferencias genéticas causadas por la adaptación a las condiciones ambientales diversas (Arteaga, 2007; Fredrick et al., 2015). No obstante éstas últimas no son el único factor determinante, también deben considerarse otros intrínsecos, tales como el número-posición y/o peso de las semillas por y dentro del fruto, tiempo

de producción, localización en la arquitectura de la planta, disponibilidad de recursos e interacción con el ecosistema donde se desarrolle; ya que todo esto puede afectar el tamaño y la morfología de la semilla (Arteaga, 2007; Giamminola y De Viana, 2013).

El análisis de conglomerados en función de las variables cuantitativas simples y de la procedencia identificó 3 clusters; su descripción en función de la variable procedencia mostró que la formación de uno de ellos no responde a esta variable categórica pues el clúster 1 está constituido por los individuos fuera de tipo. La procedencia Santiagueña que presentó semillas de morfología intermedia forma parte de los clusters 2 y 3 junto a semillas de Chaco y Salta Norte. Los dendrogramas construidos a partir de las variables cualitativas y/o cuantitativas presentados en la figura 8A, B y C muestran un agrupamiento idéntico de las procedencias pero difieren en el valor de su coeficiente de correlación cofenético. Considerando que valores superiores a 0,8 indican una buena representación de la matriz de afinidad (Herrera, 2000), el dendrograma que incluye a todas las variables es el único que reflejaría con fidelidad las relaciones de la matriz. No obstante valores de 0,90 no garantizan que el dendrograma resuma adecuadamente las relaciones (Rohlf, 1970 - citado por Herrera, 2000). Una posibilidad que otorgan las metodologías multivariadas es que permiten seleccionar variables para evitar repetir información que no aporte a la caracterización (Núñez-Colín y Valadez-Moctezuma, 2010; Núñez-Colín y Escobedo-López, 2014). En este sentido, los grupos obtenidos al contemplar conjuntamente variables cuantitativas y cualitativas no difieren respecto a los separados considerando únicamente las variables cuantitativas; ello indica que las variables forma y color pueden desestimarse puesto que no aportan cambios y su evaluación es engorrosa y subjetiva.

El agrupamiento logrado mediante el análisis de conglomerados (Figura 8A, B y C) presenta dos grupos claramente definidos: las procedencias Chaqueña y Santiagueña constituyen un grupo y la procedencia Salta Norte forma el segundo grupo. Este último presenta la mayor distancia en relación a las procedencias antes mencionadas y, en consecuencia, muestra que difiere de ellos. Este distanciamiento entre procedencias

fue similar al reportado por Verga et al. (2009) en estudios de caracterización morfológica de algarrobos en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina a través de 22 caracteres medidos en hojas y frutos.

Respecto a la evaluación de parámetros asociados a la calidad, la existencia de diferencias significativas para tratamiento, procedencia e interacción revela que las procedencias responden de manera diferente en los cuatro tratamientos y que la respuesta de las variables plantas normales, semillas duras y semillas muertas no son independientes para los factores procedencia y tratamiento. A este respecto, Shu-yan (2010) al evaluar el vigor de semillas de 5 procedencias de *Pinus flexilis* James encuentran diferencias entre ellas y concluyen diciendo que el vigor es afectado por el tratamiento aplicado así como también por características heredables resultantes de la interacción de las especies con el ambiente. No obstante ello, en el presente ensayo se ha determinado que para la variable plantas anormales la única fuente de variación significativa fue el efecto de los tratamientos diferenciándose el EACH -que genera una mayor cantidad de plantas anormales- del EACS. Los efectos del EA sobre la morfología de plántulas de especies leñosas ha sido poco documentada pero si existen registros sobre los efectos en especies herbáceas: Sánchez-Enríquez et al. (2008) mencionan que en maíz azul el deterioro causado por el calor húmedo incrementa significativamente el número de plántulas anormales; iguales resultados obtienen Ayala-Garay et al. (2006) con *Phaseolus coccineus* y Li et al. (1996) indican que el EACH tiene un efecto marcado sobre el porcentaje de plantas normales de *Impatiens wallerana* pero en este caso la componente genética es importante ya que distintas variedades muestran diferente sensibilidad. Estos autores sostienen que la reducción de la capacidad para producir plántulas normales podría deberse a que los patrones respiratorios se deterioran pero siguen viables (la cantidad de ATP producido por volumen de oxígeno consumido es aproximadamente la mitad con respecto a semillas vigorosas) además de ocurrir deficiencias en la síntesis proteica –por cambios en estructuras macromoleculares- y verse afectadas las enzimas necesarias para convertir las reservas del em-

brión en sustancias utilizables y devenir en la formación de una planta normal (Lehner et al., 2008).

Para la especie estudiada en el presente trabajo y, considerando el porcentaje de semillas muertas, es posible afirmar -en coincidencia con lo expresado por Hussein et al. (2013)- que los dos factores ambientales más importantes que influyen en la velocidad de los procesos de deterioro en el envejecimiento de semillas son la humedad relativa del aire, que controla el contenido de humedad de la semilla, y la temperatura. Esto se hace evidente al considerar que el tratamiento EASS se comporta igual al testigo y al EACS porque al reemplazar el agua del tratamiento EACH con una solución saturada se reduce la humedad relativa en el recipiente y con ello se retarda la absorción de agua por las semillas.

La disminución de la germinación conforme el aumento de temperatura del envejecimiento acelerado se atribuye a que al incrementar esta variable se aceleran los procesos fisiológicos de la semilla, con lo que aumenta su deterioro y en consecuencia una disminución en el vigor (Hernández-Flores, 2010). El deterioro por alta temperatura se acentúa en presencia de elevada humedad ambiental pues en dichas condiciones las semillas absorben humedad y, como mencionan Madruga de Tunes et al. (2011), son más afectadas por el envejecimiento acelerado; en contraposición, la adición de sal conduce a una humedad relativa más baja y evita que las semillas absorban gran cantidad de agua, determinando ello una menor o nula disminución del vigor en el EASS respecto del EACH. La secuencia hipotética del proceso de deterioro de semillas implica una degradación de las membranas celulares, reducción de la actividad respiratoria y biosintética, menor velocidad de germinación, reducción del potencial de conservación durante el almacenamiento, menor tasa de crecimiento, menor uniformidad, mayor sensibilidad frente a adversidades del ambiente, reducción de la emergencia de plántulas en campo, o aumento de plantas anormales y, finalmente, la pérdida del poder germinativo (Delouche y Baskin, 1996).

Las modificaciones en la tasa y velocidad de germinación responderían a la alteración de los procesos metabólicos causados por daños de la membrana y la necesidad de mecanismos de reparación que se llevan a cabo. Cuando el estrés es excesivo, las células no pueden revertir los cambios bioquímicos pues los mecanismos de reparación no tienen la capacidad (Kaewnaree et al., 2011). Es decir que la germinación puede ser demorada hasta que la reparación se complete o, de lo contrario, ser el daño tan vasto que determine que ésta no sea efectiva.

Frecuentemente, se observa que lotes de semillas que presentan un porcentaje de germinación semejante exhiben un comportamiento distinto en campo o en almacenamiento. Estas diferencias en el comportamiento de lotes con un porcentaje de germinación semejante pueden deberse a que las primeras alteraciones en los procesos bioquímicos asociados al deterioro ocurren generalmente, antes que se verifiquen disminuciones en la capacidad germinativa. Por eso las pruebas de vigor son de gran utilidad en el monitoreo de la calidad de semillas, aportando mayor seguridad para el productor, ya que este parámetro es heredable y puede manejarse genéticamente (Espinosa–Calderón et al., 2009). El análisis de la varianza realizado puso de manifiesto las diferencias significativas para procedencia, tratamiento e interacción entre el material evaluado y los tratamientos de EA estudiados. No obstante es posible afirmar mediante el valor de la suma de cuadrados que la variación total atribuible al factor “tratamiento” es superior (12469,93) a la atribuible a la “procedencia” (3438,61), de modo que el tratamiento tiene más peso y representa el factor principal.

CONSIDERACIONES GENERALES

Se detectaron diferencias en los parámetros morfométricos de semillas de *P. alba* de diferentes procedencias geográficas: las variables longitud, ancho y peso de las semillas son estadísticamente diferentes; entre ellas, el mayor coeficiente de variación lo presentó el peso de semillas, indicando que este es el parámetro que más difiere entre las poblaciones analizadas.

Las variables morfométricas cuantitativas (L, A y E) permiten separar las procedencias mediante análisis multivariado; la inclusión de variables cuantitativas compuestas y cualitativas aportan a un mayor nivel de diferenciación entre los materiales estudiados. Los resultados de los ensayos de vigor con su correspondiente interpretación estadística permitieron clasificar a las tres procedencias según su vigor medido a través del IE luego de la prueba de EACH: el rodal Chaqueño resulta superior a los rodales Santiagueño y Salta Norte, que son similares entre sí. Esta distinción lograda demuestra la importancia de complementar las pruebas de germinación estándar (PG y EG) con la evaluación de vigor al momento de determinar calidad en lotes de semillas.

ANEXOS capítulo II

Figura 2. Localización de las áreas productoras de semillas de *Prosopis alba*: **A.** rodales “Santiagoño”, “Chaqueño” y “Salta Norte”; **B.** semillas de *P. alba* Santiagoño; **C.** semillas de *P. alba* Chaqueño y **D.** semillas de *P. alba* Salta Norte”.

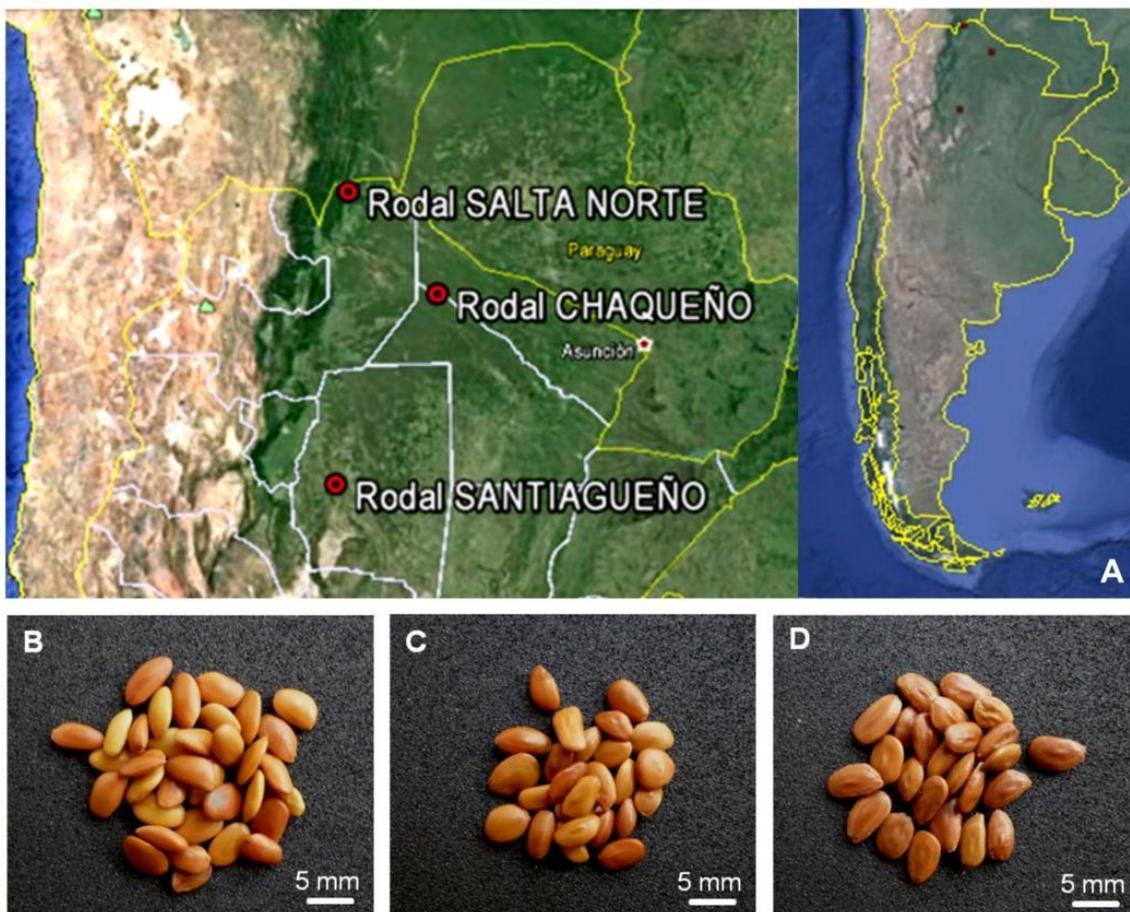


Figura 3. Parámetros morfológicos de semillas de *P. alba* de tres procedencias: **A.** longitud; **B.** ancho; **C.** espesor; **D.** relación longitud/ancho (L/A) y **E.** volumen. Se presentan las medias \pm SEM. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

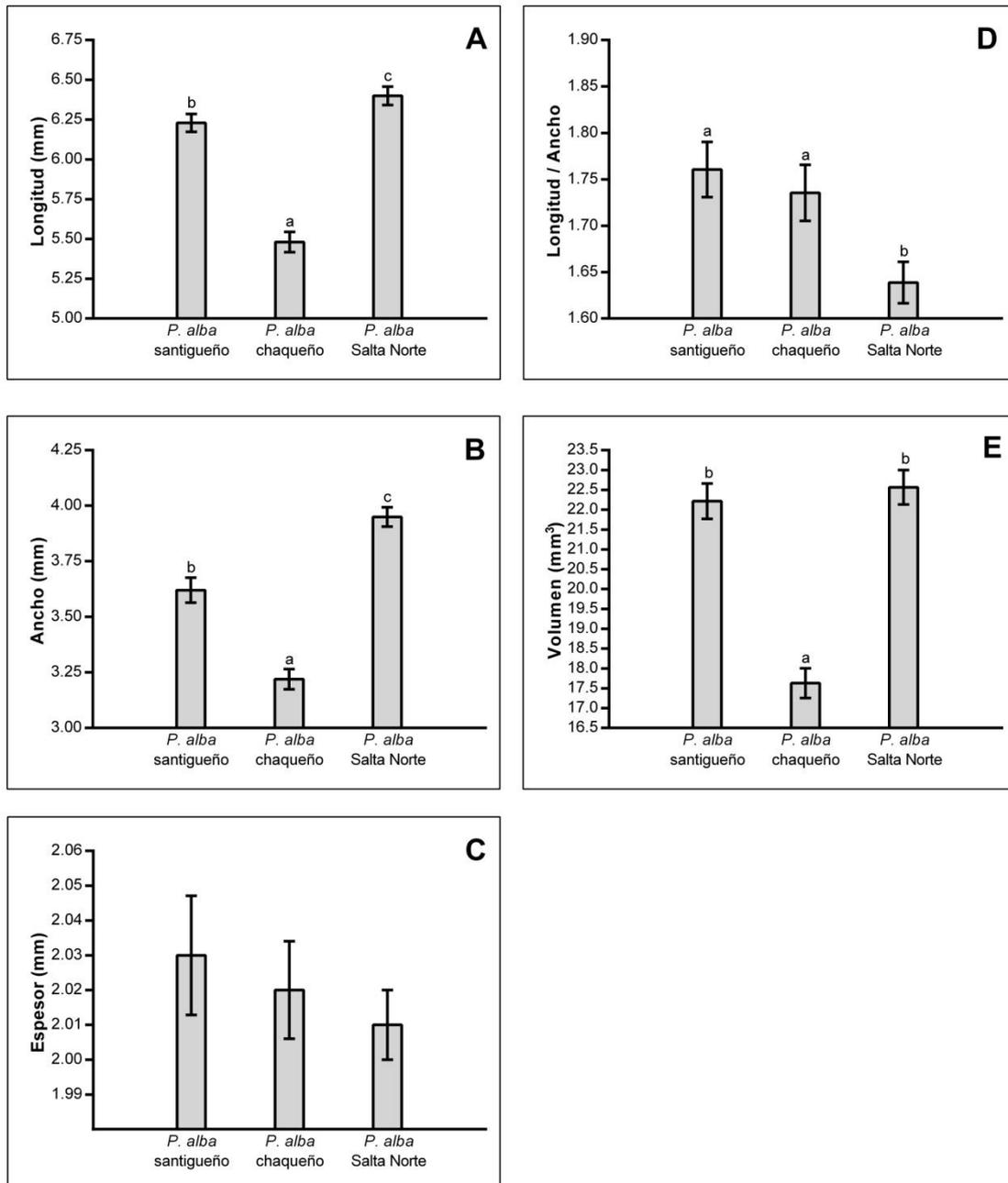


Figura 4. Frecuencia acumulada de formas de semillas (Murley, 1951) de *P. alba* según la procedencia.

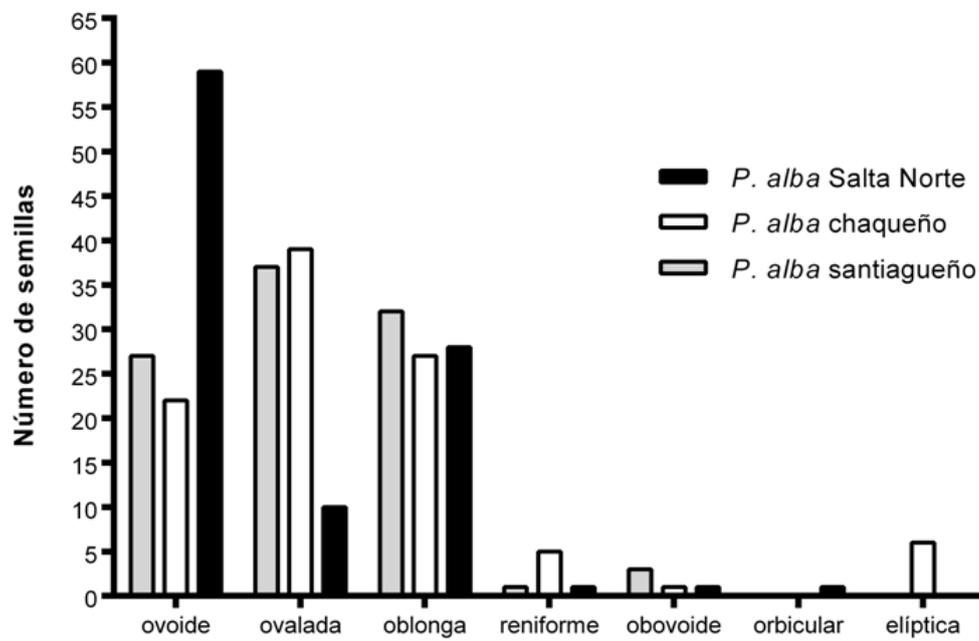


Figura 5. Coeficiente de variación para los caracteres morfométricos evaluados: longitud (L), ancho (A), espesor, relación longitud-ancho (L/A), volumen, peso de las semillas y peso volumétrico.

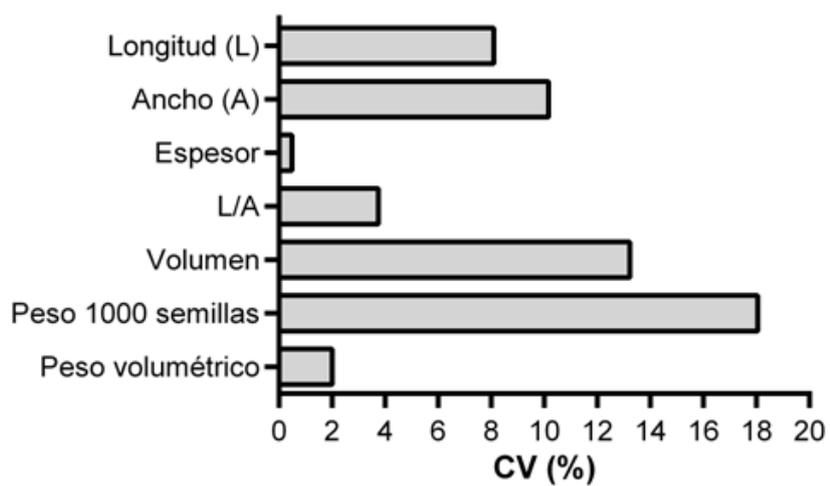


Figura 6. Biplot resultante del ACP de las variables cuantitativas simples espesor (ES), longitud (LONG) y ancho (ANC) (Vectores de línea recta) de semillas de *P. alba* provenientes de tres procedencias geográficas.

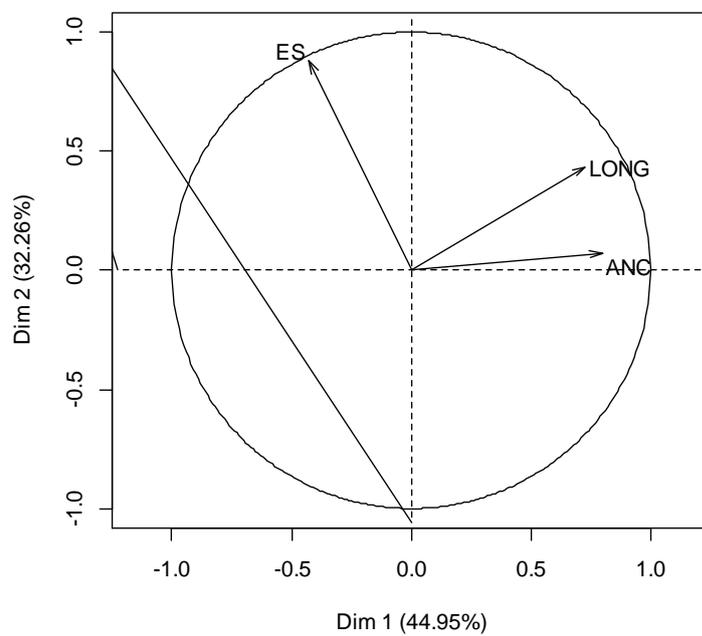


Figura 7. Correlación significativa (Elipses de confianza = Alfa = 0,05) de la variable categórica procedencias con las Componentes Principales 1 y 2 (Dim 1 y Dim 2). La procedencia Salta Norte (SN) en la componente 1, hacia la derecha (valores positivos). La procedencia Chaco (Ch) en las componentes 1y 2 (valores negativos). La procedencia Santiago del Estero (Sg) valores intermedios.

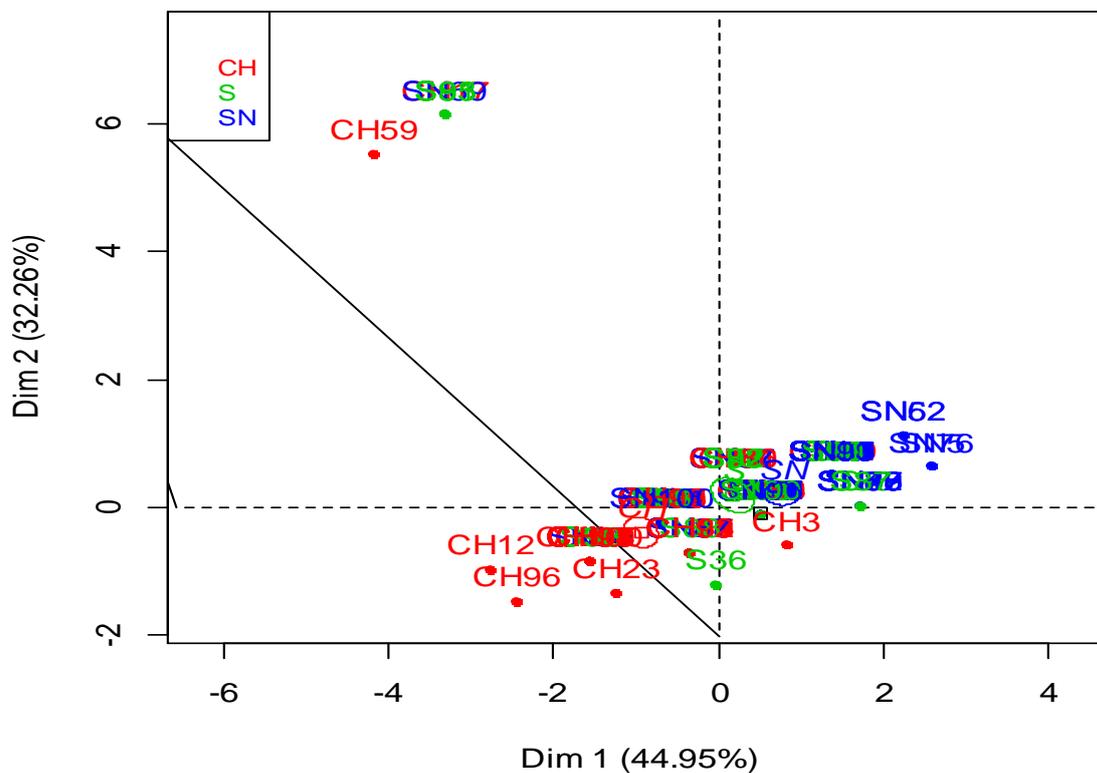


Figura 8. La partición en tres grupos se representa en el mapa producido por los dos primeros componentes principales y los individuos se colorean de acuerdo con su grupo. Los baricentros de cada grupo también están representados por un cuadrado. El gráfico muestra que los tres conglomerados están bien separados en los primeros dos componentes principales.

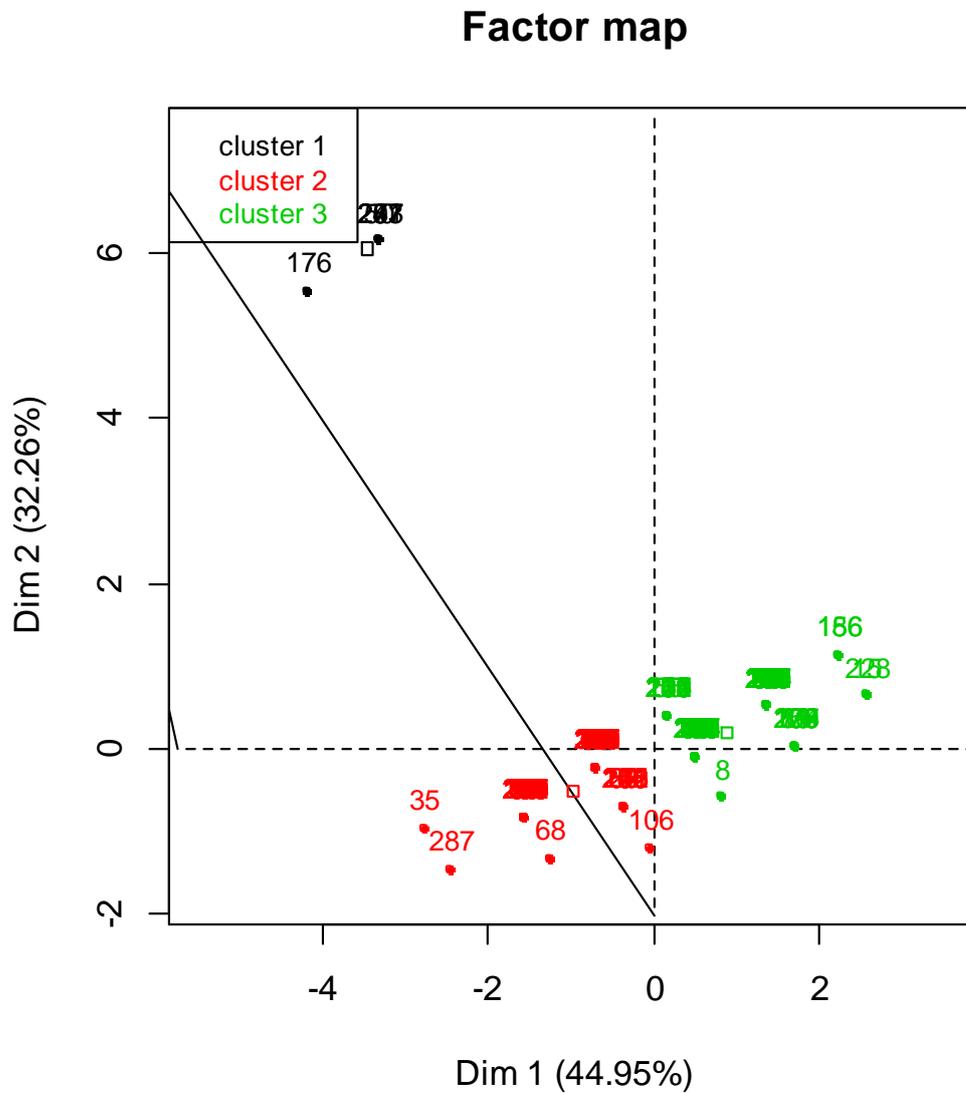


Figura 9. Dendrogramas resultantes del proceso de agrupamiento de semillas *P. alba* de tres procedencias: En el eje de las abscisas se muestra la distancia a la que se unieron las procedencias: A) Obtenido en función de las variables longitud (L), ancho (A), espesor, relación L/A, volumen, color y forma (coeficiente de correlación cofenético, $CCC=0,963$), la línea de corte pasa a una distancia de 0,77 (92%); B) Obtenido en función de las variables L, A, espesor, relación L/A y volumen ($CCC=0,744$), la línea de corte pasa a una distancia de 2,74 (81%); C) Obtenido en función de las variables L, A y espesor ($CCC=0,658$), la línea de corte pasa a una distancia de 2,14 (81%).

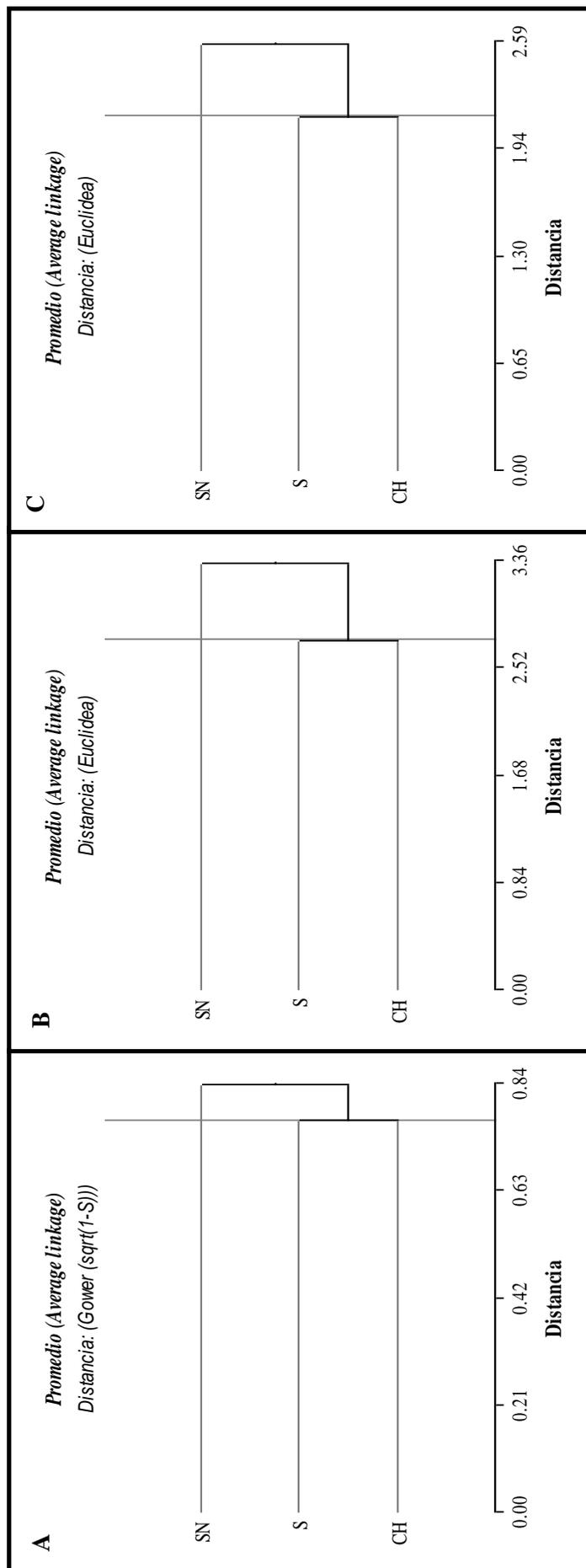


Tabla 3. Tamaño (longitud, ancho y espesor), relación longitud/ancho (L/A) y volumen expresados en mm y mm³ de semillas de *P. alba* provenientes de tres procedencias. Se presentan las medias \pm SEM. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

Procedencia	Longitud (L)	Ancho (A)	Espesor (E)	Relación L/A	Volumen (V)
<i>P. alba</i> Santiagueño	6,23 \pm 0,06 ^b	3,62 \pm 0,06 ^b	2,03 \pm 0,02 ^a	1,76 \pm 0,03 ^a	22,21 \pm 0,45 ^b
<i>P. alba</i> Chaqueño	5,48 \pm 0,06 ^a	3,22 \pm 0,05 ^a	2,02 \pm 0,01 ^a	1,73 \pm 0,03 ^a	17,63 \pm 0,38 ^a
<i>P. alba</i> Salta Norte	6,40 \pm 0,06 ^c	3,95 \pm 0,04 ^c	2,01 \pm 0,01 ^a	1,64 \pm 0,02 ^b	22,56 \pm 0,44 ^b

Tabla 4. Frecuencia acumulada de colores según carta de Munsell (1975) para cada procedencia de *P. alba*.

Color	<i>P. alba</i>		
	Santiagoño	Chaqueño	Salta Norte
10 YR 3/6 marrón amarillento oscuro	0	0	1
10YR 4/6 marrón amarillento oscuro	2	5	2
10YR 5/6 marrón amarillento	5	16	4
10YR 5/8 marrón amarillento	14	8	0
10YR 6/6 amarillo amarronado	0	2	0
7,5YR 3/4 marrón oscuro	0	1	0
7,5YR 4/4 marrón	4	20	38
7,5YR 4/6 marrón fuerte	68	39	51
7,5YR 5/4 marrón	0	0	1
7,5YR 5/6 marrón fuerte	2	8	0
7,5YR 5/8 marrón fuerte	1	0	0
2,5Y 5/4 marrón oliva claro	1	0	0
2,5Y 5/6 marrón oliva claro	2	1	3
2,5Y 6/8 amarillo oliva	1	0	0

Tabla 5. Peso de semillas. Se presentan las medias \pm SEM para las variables peso de 1000 semillas y peso volumétrico de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas; letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

	Peso de 1000 semillas (g)	Peso volumétrico (Kg/hl)
<i>P. alba</i> Santiagueño	31,65 \pm 0,02 ^b	78,11 \pm 1,04 ^{ab}
<i>P. alba</i> Chaqueño	23,10 \pm 0,01 ^a	80,14 \pm 0,04 ^b
<i>P. alba</i> Salta Norte	32,69 \pm 0,02 ^c	77,04 \pm 0,06 ^a

Tabla 6. Descripción de los clusters a través de variables cuantitativas.

Variable	Clusters	v.test	MC	MG	DEC	DEG	p-valor
Espesor	1	17,29	3	2,02	0	0,14	$5,44x^{-67}$
Ancho	1	-2,57	3	3,59	0	0,57	$9,98x^{-03}$
Espesor	2	-2,13	2	2,02	0	0,14	$3,30x^{-02}$
Longitud	2	-11,31	5,49	6,03	0,54	0,71	$1,11x^{-29}$
Ancho	2	-12,09	3,1	3,59	0,38	0,57	$1,13x^{-33}$
Ancho	3	12,75	3,97	3,59	0,39	0,57	$2,83x^{-37}$
Longitud	3	11,45	6,46	6,03	0,53	0,71	$2,27x^{-30}$
Espesor	3	-2,74	2,0	2,02	0	0,14	$5,97x^{-03}$

v.test: test de valor; MC: Media de la Categoría; MG: Media General; DEC: Desviación Estándar en la Categoría; DEG: Desviación Estándar General; p-valor: significancia de 5%.

Tabla 7. Descripción de los clusters a través de la variable categórica procedencia geográfica.

Variable	Clúster	v.test	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p-valor
Chaco	2	-10,44	84	65,62	33,33	1,59x ⁻²⁵
Santiago	2	-2,39	33	25,78	33,33	1,68x ⁻⁰²
Salta Norte	2	-8,11	11,11	8,59	33	4,86x ⁻¹⁶
Salta Norte	3	8,28	87,87	52,40	33	1,15x ⁻¹⁶
Santiago	3	2,12	64	38,55	33,33	3,33x ⁻⁰²
Chaco	3	-10,45	14	8,43	33,33	1,38x ⁻²⁵

v.test: test de valor; Cla/Mod: % de individuos de la categoría que integran el clúster; Mod/Cla: % de todos los individuos del grupo que pertenecen a esa categoría; p-valor: significancia de 5%.

Tabla 8. Porcentaje de plantas normales, anormales y semillas duras en *P. alba* de tres procedencias sometidas a diferentes tratamientos de envejecimiento acelerado.

Tratamiento	Rodal	Plantas normales*	Plantas anormales**	Semillas duras*	Semillas frescas***	Semillas muertas*
Testigo	Santiagoño	97,77 ±2,23	2,23 ±2,23	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00 ^a	0,00 ±0,00
	Chaqueño	93,33 ±3,84	6,67 ±3,84	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00 ^a	0,00 ±0,00
	Salta Norte	95,57 ±4,43	4,43 ±4,43	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00 ^a	0,00 ±0,00
	<i>Media general</i>	95,56 ±1,92	4,44 ±1,92 ^{ab}	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
EACH	Santiagoño	40,00 ±3,87 ^b	4,43 ±4,43	24,43 ±4,43 ^b	0,00 ±0,00 ^a	31,10 ±2,20 ^a
	Chaqueño	51,10 ±2,20 ^c	8,87 ±4,43	6,67 ±3,84 ^a	0,00 ±0,00 ^a	33,33 ±3,85 ^a
	Salta Norte	26,70 ±0,00 ^a	15,53 ±2,23	2,23 ±2,23 ^a	4,47 ±2,23 ^b	51,11 ±2,22 ^b
	<i>Media general</i>	39,26 ±3,76	9,63 ±2,51 ^b	11,11 ±3,85	1,48 ±0,98	38,52 ±3,47
EACS	Santiagoño	35,53 ±2,23 ^a	0,00 ±0,00	62,23 ±4,47 ^c	2,23 ±2,23 ^{ab}	0,00 ±0,00
	Chaqueño	64,43 ±8,02 ^b	4,43 ±2,23	31,3 ±5,88 ^b	0,00 ±0,00 ^a	0,00 ±0,00
	Salta Norte	97,77 ±2,23 ^c	0,00 ±0,00	2,23 ±2,23 ^a	0,00 ±0,00 ^a	0,00 ±0,00
	<i>Media general</i>	65,92 ±9,33	1,48 ±0,98 ^a	31,85 ±8,94	0,74 ±0,74	0,00 ±0,00
EASS	Santiagoño	60,00 ±3,87 ^a	2,23 ±2,23	37,77 ±2,23 ^c	0,00 ±0,00 ^a	0,00 ±0,00
	Chaqueño	75,53 ±9,68 ^{ab}	8,90 ±5,88	13,33 ±3,84 ^b	2,23 ±2,23 ^{ab}	0,00 ±0,00
	Salta Norte	88,90 ±2,20 ^b	4,47 ±2,23	2,23 ±2,23 ^a	0,00 ±0,00 ^a	4,45 ±2,22
	<i>Media general</i>	74,81 ±5,19	5,19 ±2,16 ^{ab}	17,78 ±5,44	0,74 ±0,74	1,48 ±0,98

Los resultados corresponden a los siete días a partir de la siembra. Resultados expresados en %. Se presentan las medias ± SEM. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$). * Análisis de comparación de medias particionado por tratamiento, por interacción significativa; ** Análisis de comparación de medias entre tratamientos; *** Análisis de comparación de medias considerando los factores de variación procedencia y tratamiento.

Tabla 9. Efecto del envejecimiento acelerado sobre la germinación de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas.

Tratamiento	Rodal	PG (%)*	EG (días)*	TMG (días)*	VG**	IE*
Testigo	Santiagoño	100 ±0,0	1,00 ±0,0	1,11 ±0,1	7185,00 ±2815,0	0,00 ±0,00
	Chaqueño	100 ±0,0	1,00 ±0,0	1,13 ±0,1	5777,22 ±2188,8	0,00 ±0,00
	Salta Norte	100 ±0,0	1,00 ±0,0	1,00 ±0,0	10000 ±0,0	0,00 ±0,00
	<i>Media general</i>	100 ±0,0	1,00 ±0,0	1,08 ±0,05	7654,07 ±1202,01 ^b	0,00 ±0,00
EACH	Santiagoño	44,47 ±2,2 ^a	4,67 ±1,2 ^b	7,44 ±1,3 ^b	31,83 ±14,4	0,56 ±0,02 ^b
	Chaqueño	60,00 ±3,9 ^b	1,00 ±0,0 ^a	2,84 ±1,5 ^a	1143,85 ±858,3	0,40 ±0,04 ^a
	Salta Norte	42,23 ±2,2 ^a	3,00 ±1,0 ^{ab}	2,34 ±0,0 ^a	192,57 ±28,7	0,58 ±0,02 ^b
	<i>Media general</i>	48,90 ±3,14	2,89 ±0,7	4,21 ±0,99	456,008 ±302,62 ^a	0,51 ±0,03
EACS	Santiagoño	35,53 ±2,2 ^a	6,67 ±2,8 ^{ab}	38,73 ±10,0 ^b	15,52 ±3,0	0,64 ±0,02 ^c
	Chaqueño	68,90 ±5,9 ^b	1,00 ±0,0 ^a	13,63 ±7,2 ^a	393,07 ±337,2	0,31 ±0,06 ^b
	Salta Norte	97,77 ±2,2 ^c	1,00 ±0,0 ^a	1,15 ±0,1 ^a	2201,70 ±1337,0	0,02 ±0,02 ^a
	<i>Media general</i>	67,40 ±9,19	2,89 ±1,25	17,84 ±6,58	870,08 ±521,76 ^a	0,33 ±0,09
EASS	Santiagoño	62,23 ±2,2 ^a	1,00 ±0,0	20,69 ±1,9 ^b	44,42 ±10,1	0,38 ±0,02 ^b
	Chaqueño	84,43 ±4,4 ^b	1,00 ±0,0	8,42 ±2,9 ^a	153,30 ±76,7	0,16 ±0,04 ^a
	Salta Norte	93,33 ±3,8 ^b	1,00 ±0,0	1,93 ±0,9 ^a	6303,00 ±3073,0	0,07 ±0,04 ^a
	<i>Media general</i>	80,00 ±4,97	1,00 ±0,0	10,35 ±2,94	2167,02 ±1362,79 ^a	0,20 ±0,05

EACS= envejecimiento acelerado con calor seco, EACH = envejecimiento acelerado con calor húmedo, EASS = envejecimiento acelerado con solución salina. PG = porcentaje de germinación, EG = energía germinativa, TMG= tiempo medio de germinación máxima y VG= valor de germinación, IE= índice de envejecimiento. Se presentan las medias ± SEM. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0,05). * Análisis de comparación de medias particionado por tratamiento, por interacción significativa; ** Análisis de comparación de medias entre tratamientos.

CAPÍTULO III

INFLUENCIA DE LA PROCEDENCIA EN PARÁMETROS DE CALIDAD MORFO- LÓGICA DE PLANTINES FORESTALES

INTRODUCCIÓN

El establecimiento con éxito de una plantación es el principal objetivo en el proceso de repoblación forestal. Dicho establecimiento puede definirse de varias maneras, pero los impedimentos encontrados en su cumplimiento son comunes: la existencia de factores microclimáticos específicos del lugar de plantación y potencialmente perjudiciales para la misma, la competencia vegetal, los daños producidos por animales, el uso de procedimientos de plantación incorrectos, o el empleo de plantas inadecuadas (Birchler et al., 1998).

Un aspecto previo e importante en la producción de los materiales forestales es la calidad genética, cuya adaptabilidad al lugar de plantación debe ser garantizada por la elección de una procedencia adecuada de las semillas (Ortega-Lasuen et al., 2006) pues, si bien se considera cierto que los factores genéticos de la especie pueden ser invariables dentro del proceso de cultivo de plantas forestales en vivero, la selección de procedencias constituye una herramienta muy útil para lograr la máxima adaptación de la especie al medio natural en el que será ubicada (Navarro y Palacios, 2004). En este sentido, el grado de pre-adaptación de las plantas a las condiciones del sitio será el factor con mayor influencia en el comportamiento de las plantas durante el periodo inicial de desarrollo tras su transplante (Ortega-Lasuen et al., 2006).

Existen muchos atributos propuestos para medir la calidad de las plántulas en relación con el rendimiento en el campo (Grossnickle y Macdonald, 2017). Burdett (1983) fue el primero en proponer una lista exhaustiva de parámetros morfológicos y fisiológicos que, si estuvieran presentes en plántulas dentro del rango apropiado de valores para un parámetro dado, "mejorarían" el rendimiento de las plántulas después de la plantación. Entre los procedimientos operativos más comunes se señalan a los atributos morfológicos altura del tallo, diámetro del tallo, características del sistema radical y proporciones morfológicas, junto con los atributos fisiológicos de resistencia a la sequía, tolerancia al congelamiento, estado de nutrientes minerales, potencial de crecimiento y fuga de electrolitos de la raíz (Mohammed 1997, Haase 2008, Ritchie et al.,

2010). Chavasse (1980) menciona que la caracterización de las plantas comprende tanto a los atributos morfológicos como los fisiológicos y que la combinación de ambos determina la calidad final; no obstante se han empleado únicamente atributos morfológicos cuantitativos para caracterizar la aptitud de una planta (Mexal y Landis, 1990; Villar-Salvador, 2003) y numerosos autores han informado sobre la utilidad que proporcionan al momento de la toma de decisiones (Thompson, 1985; Toral, 1997; Birchler et al., 1998; Oliet, 2000; Prieto-Ruiz et al., 2003).

Lo anteriormente expuesto pone de manifiesto la importancia que reviste la evaluación y el conocimiento de los factores morfológicos -fácilmente medibles- que influyen en la calidad de planta producida en vivero, por lo que debería ser una prioridad en los programas relacionados con el establecimiento de plantaciones forestales (Prieto-Ruiz et al., 2003) ya que una vez que se establecen las plántulas, su potencial de crecimiento inherente está relacionado con sus atributos y su respuesta ecofisiológica a las condiciones ambientales del sitio (Grossnickle, 2000).

En nuestro país, la forestación con especies nativas se encuentra limitada por la escasez de materiales básicos como semillas y plantines (Salto et al., 2013) que sean el resultado de programas de mejora genética y estudios de técnicas de viverización de cada especie. Sumado a ello, la existencia de escasos registros referidos a parámetros de calidad de plantas del género *Prosopis* dificultan aún más el esclarecimiento de los valores que deberían tomar los diferentes atributos evaluados.

En este sentido, la caracterización de materiales de diferentes orígenes geográficos brinda información necesaria para la selección de las fuentes de semilla utilizables en programas de mejora, así como en proyectos de forestación y/o repoblación (Fontana et al., 2015) y constituiría un avance en esta línea de investigación.

El objetivo de este trabajo fue establecer el efecto de la procedencia sobre las variables morfológicas que constituyen parámetros de calidad en plantines de *P. alba* provenientes de tres áreas geográficas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal. Se trabajó con plantines de *P. alba* logrados a través de la siembra de semillas provenientes de 3 rodales semilleros: 1) *P. alba* "Santiagoño": 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/año; 2) *P. alba* "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 de 678 mm/año y 3) *P. alba* "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 de 1054 mm/año.

Conducción en vivero. La siembra fue realizada en abril de 2015 según lo recomendado por DPF-INTA (2014) en invernáculo para poder controlar la temperatura, de modo que ésta sea mayor a la del ambiente externo y así lograr una buena germinación y crecimiento.

Se utilizaron bandejas monoblock de 40 alvéolos troncocónicos (12 cm de altura y 125 cm³ de capacidad) con un sustrato compuesto por 30% de suelo + 45% de sustrato orgánico La Lila[®] + 15% perlita agrícola + 10% carbonilla. Las semillas fueron escarificadas mecánicamente mediante lijado manual seguido de imbibición en agua a temperatura ambiente por 24 hs. Al momento de la siembra, se aplicaron 0,6 g/celda de fertilizante Osmocote[®] (N:P:K 18:5:9, 180 días de liberación).

El cultivo se efectuó en invernáculo provisto de termómetro y psicrómetro para el registro de humedad relativa. La radiación PAR dentro del mismo fue asentada a las 12 hs. durante todo el ensayo y mediante un sensor cuántico LI-190R; se registraron valores de 1600 a 1800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Las temperaturas mensuales media para los 5 meses de evaluación fueron de 27,7°C (abril), 24,2°C (mayo), 23,3°C (junio), 21,1°C (julio) y 25,6°C (agosto); mientras que la humedad relativa osciló entre el 50 y 80%.

El riego fue manual con regadera y se determinó la necesidad mediante lecturas de

tensiómetro IRROMETER - Modelo R, tomando como referencia los valores de 30 a 60 Cb para realizarlo. La calidad de agua empleada se corresponde a C2S1 según las normas Riverside (Richards, 1980). Las bandejas se mantuvieron en mesas de cultivo sobre elevadas con fondo de rejilla para facilitar la poda aérea de raíces.

Medición de caracteres morfométricos de las plantas. A los 30, 60, 90, 120 y 150 días posteriores a la siembra se registraron las variables altura (H) desde el nivel del substrato hasta el ápice de la planta (Chavasse, 1980) mediante el uso de regla metálica graduada en mm y diámetro a la altura de cuello (DAC) (Puttonen, 1997) medido con un calibre graduado en mm. Al finalizar el ensayo se midió longitud de raíz (LR) (Böhm, 1979); volumen de raíz (VR) y de la parte aérea (VA) (Harrington et al., 1994); pesos secos de la raíz (PSR) y la parte aérea (PSA) (South, 2000), secando el material vegetal en estufa a 80°C hasta peso constante; área foliar (AF) empleando un medidor de área foliar LiCor modelo Li-3000; peso foliar específico (PFE) (Luna, 2010): cociente entre el peso seco de hojas y el AF y, área foliar específica (AFE) (Poorter y De-Jong, 1999): cociente entre el AF y el peso seco de hojas.

Con los datos obtenidos se calcularon índices y coeficientes: relación parte aérea/parte radical (PA/PR) a partir de los pesos secos de la parte aérea y radical; relación longitud parte aérea/parte radical (LPA/LPR); coeficiente de esbeltez (CE) (Oliveira, 1988): cociente entre la altura de la planta y el DAC; índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (1980): $IE = DAC(mm)/[(altura(cm)/10)+2]$ e índice de calidad de Dickson (Dickson et al., 1960): $ICD = PST(g)/(CE + relación\ parte\ aérea/parte\ radical)$.

El ensayo se condujo siguiendo un diseño en bloques completos al azar con tres tratamientos (36 plantas/tratamiento) y tres repeticiones. Los datos fueron tratados estadísticamente con el software Infostat versión 2011 (Di Rienzo et al., 2011). Inicialmente se analizaron las variables DAC y altura de los registros de las 5 edades medidas estimándose las medidas de tendencia central para resumir la variabilidad generalizada. Se efectuó un análisis de la varianza (ANAVA) y se compararon las medias de los tratamientos a través de la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). Posteriormente se sometió a los

datos morfológicos correspondientes a los 150 días a un ANAVA tomando cada variable en particular y a un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) considerando al conjunto de los mismos (H, DAC, LR, VR, VA, PSR, PSA, PSt, PSh, AF, PFE y AFE). Finalmente se efectuó el ANAVA y la comparación de medias (Duncan, $P \leq 0,05$) de los índices y coeficientes calculados.

RESULTADOS

El ANAVA evidencia un efecto significativo de la procedencia en los primeros 3 meses para la variable DAC (30 días: $F=5,83 - P=0,0036$; 60 días: $F=6,23 - P=0,0025$; 90 días: $F=6,45 - P=0,0020$) y para todo el período evaluado en el caso de la variable H (30 días: $F=11,66 - P=<0,0001$; 60 días: $F=4,15 - P=0,0176$; 90 días: $F=15,08 - P=<0,0001$; 120 días: $F=18,73 - P=<0,0001$; 150 días: $F=22,15 - P=<0,0001$).

La procedencia Chaqueña manifiesta valores bajos en etapas iniciales y luego se iguala a las demás. El DAC asentado es significativamente inferior al resto hasta los 90 días. Similarmente, inicia siendo la de menor altura a los 30 días para luego, a los 90 días, diferenciarse y superar por completo a las otras dos (Tabla 10).

El efecto de la procedencia no fue significativo para las variables LR, VA, PSR, PSA y PSt, pero si lo fue para PSh ($F=3,59 - P=0,0414$) donde las procedencias Salta Norte y Santiagueña se diferenciaron estadísticamente.

El AF no fue afectado por la procedencia.

Para VR si hubo efecto de la procedencia ($F=9,09 - P=0,0010$) siendo la Chaqueña estadísticamente inferior a las demás. Del mismo modo, para PFE y AFE el efecto de la procedencia fue significativo ($F=4,28 - P=0,0243$), resultando la procedencia Santiagueña estadísticamente diferente a las demás (Tabla 11).

El análisis multivariado realizado para corroborar que las procedencias determinan plantas de distinta morfología resultó significativo ($F=2,15 - P=0,0224$) y mostró dos grupos estadísticamente diferentes, distinguiendo a Salta Norte de las otras dos procedencias (Tabla 11).

Analizando los índices y coeficientes calculados a partir de las variables morfológicas se observa que la procedencia no tiene un efecto significativo sobre la relación PA/PR ($F=2,64 - P=0,0898$). Para LPA/LPR ($F=5,12 - P=0,0131$) el rodal Chaqueño difiere estadísticamente de los dos restantes. En cuanto a CE ($F=9,07 - P=0,0010$), los valores obtenidos sugieren dos categorías estadísticamente diferentes: por un lado, la procedencia Chaqueña -con un CE mayor, y por otro lado las procedencias Salta Norte y Santiagueña. Por su parte y en base a los resultados obtenidos del IE ($F=7,53 - P=0,0025$), las procedencias Salta Norte y Santiagueña se diferencian de la procedencia Chaqueña. Con respecto al ICD los valores observados indican que las procedencias no se diferencian estadísticamente ($F=1,75 - P=0,01935$; Tabla 12).

DISCUSIÓN

Los registros de DAC y altura de las procedencias de *P. alba* estudiadas evidencian que el comportamiento de las variables difiere según la procedencia del material. Varios estudios prueban que las semillas de una misma especie colectadas de distintos ambientes, difieren en viabilidad, germinación, crecimiento (Salazar, 1989; Meskel y Sinclair, 2000; Singh et al., 2006; Singh y Bhatt, 2008; Venier et al., 2015) y, particularmente para estas procedencias fue documentado que se diferencian en caracteres morfométricos de semillas (Fontana et al., 2015) y en su vigor (Fontana et al., 2016). La variación en altura y DAC de plántulas entre procedencias ha sido reportada para diversas especies arbóreas (Singh y Bhatt, 2008; O'Brien et al., 2007) y también se ha observado que la dispersión de los valores de las variables disminuye con el tiempo (Fredrick et al., 2015).

El detalle de los coeficientes de variación (Tabla 10) demuestra que las plantas procedentes del rodal Salta Norte resultan más homogéneas que las de las procedencias Chaco y Santiago del Estero ya que muestran los menores valores para los parámetros analizados, exceptuando el DAC a los 90 y 120 días. En este sentido la uniformidad del material biológico es interesante pues facilita la clasificación de plantas en la

etapa de vivero, tarea sumamente importante porque determina homogeneidad en los lotes y mejora la respuesta en campo (Navarro y Del Campo, 2005).

La altura de los plantines de las tres procedencias al finalizar el ensayo se corresponde con la escala mencionada por Joseau et al. (2013b) para *P. alba* (21 cm a 45 cm). Birchler et al. (1998) mencionan que esta variable por si sola es poco útil pues únicamente ofrece una somera aproximación del área fotosintetizante y transpirante e ignora la arquitectura del tallo. Thompson (1985) concluye enunciando que la altura inicial de las plantas no se correlaciona, o lo hace de forma negativa, con la supervivencia, aunque sí se correlaciona con el crecimiento en altura tras la plantación. Las plantas más altas pueden enfrentar mejor a la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radical adecuado (Quiroz et al., 2009).

Según Sáenz et al. (2010), el DAC es el mejor predictor individual del crecimiento, como así también de la supervivencia en campo, ya que es indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica (al doblamiento y a daños por plagas y fauna nociva), y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta (Birchler et al., 1998; Prieto-Ruiz et al., 2003; Quiroz et al., 2009). Los valores obtenidos en la investigación están por encima de los registrados por Joseau et al. (2013b) para plantines de *P. alba* producidos en invernadero en envases tubo de 100 μ m de polietileno cristal (15 cm largo y 6 cm diámetro) y con supervivencia a campo mayor a 3 años en la localidad de Capilla de Remedios (Córdoba).

La LR es reconocida como un excelente predictor de sobrevivencia (Chiatante et al., 2002) pues define la habilidad para el anclaje de las plantas a campo (Sáenz et al., 2010). No obstante, al tratarse de una variable condicionada por las dimensiones del contenedor resulta imposible determinar si en el presente el efecto de la procedencia fue no significativo por caracteres propios de cada material o debido a las limitaciones físicas del envase.

En cuanto al volumen de raíces, la procedencia Chaqueña resultó ser significativamente inferior a las demás señalando menor capacidad para explorar el suelo. Los meca-

nismos de respuesta desarrollados por las plantas ante una variación en la disponibilidad de recursos, en este caso de sustrato (volumen del medio de crecimiento), vinculan la posibilidad de modificar los patrones de distribución de biomasa (Camargo y Rodríguez, 2006). En este aspecto, el tamaño del envase y las condiciones del sustrato son los factores principales que influyen el crecimiento de las plantas en vivero y, en particular, en las características y estructura del sistema radical (South et al., 2005).

Los resultados de biomasa aérea (PSA) fueron inferiores a los señalados por López-Lauenstein et al. (2012) al evaluar plantas de 5 meses de *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa* producidos en contenedores de 8 litros de capacidad. Debido a la carencia de datos referidos al PSR y PSA de plantines de *Prosopis* sp. cultivados en condiciones similares, se dificulta la calificación de los valores obtenidos para las tres procedencias de *P. alba* evaluados en este trabajo, que permitan decir a *priori* si las características morfológicas son idóneas para sobrevivir al estrés del trasplante (Martínez et al., 2007).

El género *Prosopis* muestra características foliares que pueden considerarse como adaptaciones a la sequía (Vilela y Palacios, 1997) y, debido a la distribución de los nichos específicos de cada especie, estas características foliares varían de acuerdo con los requerimientos ecológicos de cada una (Villagra et al., 2010). Contemplando la procedencia de los materiales resultaría lógico hallar diferencias entre ellas. No obstante, en las condiciones de vivero, la divergencia del AF podría haberse minimizado debido a la inexistencia de situaciones restrictivas de agua que induzcan en las plantas la generación de hojas de menor tamaño para reducir la superficie transpirante y mejorar el intercambio de calor (Gibson, 1998).

El PFE describe la estrategia de las plantas con respecto a la acumulación de nutrientes, área fotosintética y fenología foliar (Westoby, 1998). Si bien se dice que las especies pioneras presentan PFE altos (Poorter et al., 2006), los valores registrados para las tres procedencias de *P. alba* resultan menores respecto a los calculados para tres especies de Fabácea que crecieron en condiciones naturales con alta pluviometría

(Norghauer et al., 2014). La carencia de datos de PFE para plantines de *P. alba* conducen a explicar las inconsistencias considerando las condiciones de viverización del ensayo (otoño-invierno, bajo invernáculo) y el hecho de que en condiciones controladas las plantas presentan un PFE menor debido a la menor irradiación diaria de fotones (Garnier y Freijisen, 1994).

El AFE es una medida de la superficie producida para interceptar la radiación solar por unidad de peso seco invertido en la construcción de las hojas y, matemáticamente, la inversa del PFE. Reich et al. (1998) mencionan que las especies más tolerantes a la sombra tienen un AFE más baja debido a que sus hojas poseen altas concentraciones de compuestos secundarios, paredes celulares gruesas y contenidos elevados de fibras y lignina. Según lo expuesto podría inferirse que plantines logrados a partir de semillas provenientes de Salta Norte y Chaco estarían en ventaja en circunstancias de menor radiación, no obstante, debería confirmarse lo supuesto con estudios específicos.

La relación PA/PR determina el balance entre la superficie transpirante y absorbente de la planta y se dice que los valores más adecuados para el mismo son los mayores, siempre y cuando no superen la relación 2,5:1 (Thompson, 1985). Según Oliet (2000), valores inferiores de PA/PR indican una mayor capacidad para superar el momento crítico del arraigo ya que se ve favorecida la absorción de agua frente a las pérdidas, condición favorable para zonas de baja pluviometría.

No obstante, mientras exista disponibilidad hídrica en el suelo, las plantas de relación PA/PR mayor no necesariamente sufrirían mayor estrés pos-trasplante que las plantas con menor relación (Lamhamedi et al., 1998). Además, está documentado el mejor desarrollo de plantas con altos valores de PA/PR o biomasa aérea en reforestaciones, puesto que la mayor altura posibilita a las plantas elevados porcentajes de supervivencia y una respuesta rápida al trasplante, enfrentando mejor el ataque de animales y la competencia de malezas (Villar-Salvador, 2003).

El análisis de los datos obtenidos indicó que la procedencia no tiene un efecto significativo sobre la relación PA/PR por lo que ningún material sería más recomendable que otro frente a condiciones de restricción hídrica.

Las tres procedencias lograron registros de LPA/LPR coincidentes con la escala citada por Joseau et al. (2013b) para plantines de *P. alba*. Las referencias generales indican que en latifoliadas valores por encima de 1 comprometen la supervivencia, aunque por otra parte si el valor medio del lote es muy bajo lo más afectado será el crecimiento.

Es importante adecuar la selección del material a las condiciones del sitio y época: si no existen limitantes ambientales una relación LPA/LPR de 1 favorece altas tasas de supervivencia; en sitios con limitantes de humedad se sugiere utilizar plantines con LPA/LPR de 0.5, mientras que en sitios sin limitantes de humedad las relaciones pueden ser de 1.5 a 2.5 (Prieto-Ruiz et al., 2003).

Es decir que, considerando los datos obtenidos de las plantas de las procedencias ensayadas, todas serían idóneas en ambientes sin limitantes ambientales pero las plantas producidas con semillas de los rodales Salta Norte y Santiagueño tendrían mayores posibilidades de establecimiento en zonas de menor humedad.

El CE indica si las proporciones del plantín son las adecuadas, la resistencia a la desecación por el viento y su crecimiento potencial en sitios secos (Pérez y Rodríguez, 2016). Existen discrepancias entre los referentes en el tema en cuanto al óptimo de CE ya que Thompson (1985) considera como tales valores superiores a 6, Mitchel et al. (1990) menor o igual a 8, en tanto Quiroz et al. (2009) señalan que valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta.

En base a los CE calculados y considerando lo establecido por Quiroz et al. (2009), se reconocen dos categorías estadísticamente diferentes: las procedencias Salta Norte y Santiagueña dentro del óptimo y, por otro lado, la procedencia Chaqueña con un CE mayor fuera del límite admitido. Según Oliet (2000) y Pérez y Rodríguez (2016) las plantas con CE altos muestran supervivencia variable y un pobre crecimiento en ambientes rigurosos.

El IE es una expresión que conceptualmente señala lo mismo que el CE. Su interpretación es inversa: valores altos indican mayor capacidad para tolerar condiciones adversas (Torralba, 1997). En este sentido, al no existir valores de referencia para la especie y en base a los resultados obtenidos puede señalarse que las procedencias con un IE mayor (Salta Norte y Santiagueña) resultarían más idóneas frente a condiciones hostiles. Al mismo tiempo, los registros actualmente obtenidos resultan inferiores a los logrados para plantines de *P. hassleri* (0,72 a 0,78) (Lupia et al., 2008) y *P. alba* (0,58 a 0,71) (Díaz, 2010) de tres meses producidos en recipientes de mayor capacidad.

El ICD sirve para comparar la calidad de plantas de distinto tamaño, debido a que relaciona varios parámetros y establece cuan proporcionada se encuentra la planta en cuanto a tamaño y peso seco que ésta posee (Pérez y Rodríguez, 2016). Según Oliet (2000) lo deseable es que la planta alcance los máximos valores de ICD, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta sea grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical estén equilibradas.

Los valores obtenidos en esta experiencia no alcanzan la escala de 0,2 a 0,5 sugerido por Prieto-Ruiz et al. (2003); pero evaluaciones realizadas en plantines comerciales de *P. laevigata* arrojaron ICD de 0,11 (Prieto-Ruiz et al., 2013), plantas de *P. juliflora* de 4 meses de viverización dieron 0,3 (Rueda-Sánchez et al., 2012) mientras que en *P. hassleri* de 90 días se lograron valores de 0,06 a 0,12 en condiciones experimentales y de 0,05 en producción comercial en vivero (Lupia et al., 2008).

Así como al estudiar las semillas (capítulo II) se demostró que la procedencia "Salta Norte" correspondía a un grupo distinto al considerar los parámetros morfométricos; es probable que del mismo modo los caracteres morfológicos de los plantines se vean afectados. La variación entre las procedencias puede atribuirse a diferencias genéticas causadas por la adaptación a diversas condiciones ambientales.

En este sentido, los datos climáticos de las áreas de origen muestran diferencias notorias en cuanto a las precipitaciones medias a favor de la procedencia Salta Norte, que sobresale y registra más de 1000 mm anuales. Fredrick et al. (2015) indica la existen-

cia de correlaciones significativas entre variables morfológicas y algunos factores geoclimáticos que sustentarían el hecho de que los factores ambientales también tienen efecto sobre el crecimiento de las plántulas y su morfología.

El efecto de la procedencia resultó significativo para la mayoría de las variables medidas: altura de las plantas y DAC (al menos durante los primeros 3 meses de viverización), VR (volumen de raíz), PFE (peso foliar específico) y AFE (área foliar específica). Así mismo algunos de los índices y cocientes morfológicos considerados como variables para determinar la calidad de plantas resultan afectados por el origen geográfico del material: LPA/LPR (relación longitud parte aérea/parte radical), CE (coeficiente de esbeltez) e IE (índice de esbeltez).

CONSIDERACIONES GENERALES

Los resultados permiten afirmar que en *P. alba* la procedencia influye sobre la morfología de las plantas, así como en los parámetros morfométricos estudiados en las semillas, y determina la existencia de dos grupos diferentes: por un lado, las procedencias Santiagueña y Chaqueña y, por otro, la procedencia Salta Norte.

ANEXOS capítulo III

Tabla 10. Medidas resumen para DAC y altura de plantas de *P. alba* de tres procedencias a los 30, 60, 90, 120 y 150 días desde la siembra.

días	P	DAC (mm)					Altura (cm)				
		Media	Mín.	Máx.	DE	CV	Media	Mín.	Máx.	DE	CV
30	SN	1,01 ^b	1,00	1,10	0,03	2,62	8,49 ^b	5,00	12,00	1,31	15,72
	Ch	0,99 ^a	0,80	1,10	0,05	4,99	7,20 ^a	3,80	11,50	1,77	24,63
	Sg	1,01 ^b	0,90	1,20	0,04	3,78	8,56 ^b	5,00	12,50	1,82	21,21
60	SN	1,90 ^b	1,25	2,25	0,21	11,25	15,83 ^{ab}	11,00	21,40	2,03	12,81
	Ch	1,76 ^a	1,00	2,00	0,25	14,07	16,83 ^b	12,00	22,00	2,43	14,85
	Sg	1,89 ^b	1,00	2,25	0,24	12,51	15,05 ^a	9,00	22,00	2,71	18,01
90	SN	2,43 ^b	2,00	3,00	0,35	14,48	22,36 ^a	15,00	27,80	2,56	11,43
	Ch	2,21 ^a	2,00	3,00	0,27	12,35	25,31 ^b	15,50	31,50	3,37	13,30
	Sg	2,39 ^b	1,90	3,00	0,35	14,81	22,89 ^a	12,00	29,30	2,95	12,90
120	SN	3,01 ^a	2,00	4,00	0,41	13,50	23,03 ^a	14,50	28,50	2,69	11,69
	Ch	3,07 ^{ab}	2,50	4,00	0,31	10,19	26,08 ^b	15,00	32,00	3,52	13,50
	Sg	3,17 ^b	2,00	4,00	0,43	13,72	22,88 ^a	12,00	29,00	2,94	12,84
150	SN	3,58 ^a	3,00	4,10	0,39	10,96	31,01 ^a	18,00	43,00	4,22	13,61
	Ch	3,62 ^a	3,00	5,00	0,47	13,07	37,06 ^b	20,00	50,40	5,68	15,31
	Sg	3,51 ^a	2,90	5,00	0,52	14,77	31,59 ^a	15,50	40,50	5,62	17,80

P: Procedencia; SN: Salta Norte; Ch: Chaqueño; Sg: Santiagueño. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, $P \leq 0,05$).

Tabla 11. Valores medios \pm desvío estándar (DE) de caracteres morfológicos para las procedencias Chaco, Salta Norte y Santiago del Estero a los 150 días de crecimiento en vivero.

P	H (cm)	DAC (mm)	LR (cm)	VR (cm ³)	VA (cm ³)	PSR (mg)	PSA (mg)	PSt (mg)	PSh (mg)	AF (cm ²)	PFE (mg/cm ²)	AFE (cm ² /mg)
SN	28,55 ^a	3,37 ^{ns}	17,10 ^{ns}	1,45 ^b	2,65 ^{ns}	394,00 ^{ns}	966,00 ^{ns}	576,00 ^{ns}	390,00 ^b	103,66 ^{ns}	3,78 ^b	0,27 ^a
Ch	35,96 ^b	3,05 ^{ns}	16,00 ^{ns}	0,87 ^a	2,60 ^{ns}	354,00 ^{ns}	998,00 ^{ns}	670,00 ^{ns}	328,00 ^{ab}	84,61 ^{ns}	3,94 ^b	0,26 ^a
Sg	25,44 ^a	3,31 ^{ns}	16,40 ^{ns}	1,45 ^b	2,45 ^{ns}	374,00 ^{ns}	724,00 ^{ns}	466,00 ^{ns}	258,00 ^a	77,65 ^{ns}	3,23 ^a	0,32 ^b

P: Procedencia; SN: Rodal Salta; Ch: Chaqueño; Sg: Santiagueño; H: altura; DAC: diámetro a la altura de cuello; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz; VA: volumen parte aérea; PSR: peso seco raíz; PSA: peso seco parte aérea; AF: área foliar; PFE: peso foliar específico; AFE: área foliar específica. ns: no significativo; letras diferentes minúsculas (ANAVA) y mayúsculas (MANOVA) indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, $P \leq 0,05$).

Tabla 12. Valores medios \pm desvío estándar (DE) de los índices y coeficientes morfológicos calculados para plantines de tres procedencias de *P. alba* crecidos en vivero durante 150 días.

Procedencia	PA/PR	LPA/LPR	CE	IE	ICD
Rodal Salta Norte	2,62 \pm 0,73 ^{ns}	1,68 \pm 0,63 ^a	8,58 \pm 1,80 ^a	0,70 \pm 0,11 ^b	0,13 \pm 0,04 ^{ns}
Rodal Chaqueño	2,92 \pm 1,08 ^{ns}	2,29 \pm 0,71 ^b	11,74 \pm 2,85 ^b	0,56 \pm 0,09 ^a	0,09 \pm 0,02 ^{ns}
Rodal Santiagueño	2,02 \pm 0,83 ^{ns}	1,58 \pm 0,51 ^a	7,72 \pm 1,86 ^a	0,74 \pm 0,13 ^b	0,12 \pm 0,05 ^{ns}

PA/PR: relación parte aérea/parte radical; LPA/LPR: relación longitud parte aérea/parte radical; CE: coeficiente de esbeltez; IE: índice de esbeltez de Scmidt Vogt; ICD: índice de calidad de Dickson. ns: no significativo; letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Duncan, $P \leq 0,05$).

CAPÍTULO IV

INFLUENCIA DE LA PROCEDENCIA GEOGRÁFICA SOBRE SOBREVIVENCIA Y VARIABLES DASOMÉTRICAS

INTRODUCCIÓN

En términos generales el éxito de una plantación comercial está relacionado con la correcta selección de las especies y las procedencias (orígenes geográficos naturales de la especie) que serán utilizadas en su establecimiento (CONACYT-CONAFOR, 2014) así como con el manejo realizado en su ciclo productivo. Lo anteriormente expuesto se justifica considerando que los grandes aumentos de productividad dentro del sector forestal responden a los resultados obtenidos en programas de investigación enfocados en la silvicultura intensiva y el mejoramiento genético (Rubilar et al., 2008); todo sustentado por materiales provenientes de ensayos de selección de especies y procedencias (Mesen, 1994) y ensayos de procedencias-progenie que permiten seleccionar árboles que posean características superiores y se las transmitan a las descendencias, además de poder calcular la ganancia genética después de cada generación de selección para cada característica evaluada. Asimismo evaluar en los ensayos la interacción genotipo ambiente, para determinar la superioridad de los progenitores en cuestión (CONACYT-CONAFOR, 2014).

En cuanto al manejo de plantaciones de *Prosopis alba*, las consideraciones generales para el país se refieren a ellas del siguiente modo:

La preparación del terreno varía en función del tipo de suelo y su uso anterior, de la disponibilidad de recursos y de la identificación de limitaciones físicas. A su vez, en situaciones particulares, se debe tener en cuenta la necesidad de tomar medidas de mitigación tal como la realización de laboreo localizado, laboreos conservacionistas, mantenimiento de la cobertura de suelo, etc. Éstas labores deben estar concluidas 1 a 2 meses previos a la plantación (DPF-INTA, 2014) y el resultado debe ser una estructura de suelo favorable que permita a las plantas jóvenes acceder a los nutrientes, contar con agua y la aireación necesaria, además de controlar malezas.

El número de plantas/ha (densidad) responde al objetivo de la plantación y a factores como la calidad de sitio y los tratamientos culturales posteriores. Además, las características biológicas de la especie (heliófila y sin una marcada dominancia apical) deter-

minan que altas densidades no mejoren sustancialmente la forma y afectan negativamente el crecimiento individual (Joseau et al., 2006). Para macizos con fines netamente maderero es adecuado tener una densidad inicial de 400 a 600 plantas/ha, lo que asegura obtener buena calidad de fustes y una mayor flexibilidad al momento de elegir plantas para realizar el raleo o aclareo, ya que se llega a la corta con 80 a 150 plantas/ha. Si bien es posible establecer una mayor densidad inicial, se sugiere que no supere las 800 plantas/ha dejando siempre un distanciamiento entre individuos de la fila de al menos 3 metros pues por debajo de ese valor debe realizarse un aclareo en el 2° o 3° año, aumentando los costos de manera considerable (DPF-INTA, 2014).

En este sentido la ley nacional de inversiones para bosques cultivados fomenta la forestación con *Prosopis* spp. en 13 provincias, contemplando dos rangos de densidades: de 400 a 499 y de 500 a más plantas/ha. Para las provincias de Chaco, Formosa y Salta esta última categoría tiene como límite superior las 700 plantas/ha (Ley N° 26432, 2014).

La protección de las plantas de los agentes perjudiciales incluye el monitoreo y control de plagas (insectos y roedores) y malezas.

El control de hormigas debe realizarse 45 a 60 días antes de la preparación del suelo y se extiende hasta el tercer-cuarto año posterior a la plantación (DPF-INTA, 2014). A sabiendas de los perjuicios ambientales que genera, el control químico es el método más efectivo, cuando la plaga ha alcanzado dimensiones importantes (Eskiviski et al., 2016); formulados como cebos tóxicos granulados, pues han demostrado ser eficientes, prácticos y económicos, además de proporcionar mayor seguridad a los operarios (Sabattini, 2017). Entre los métodos químicos están los polvos; los cebos granulados (sulfuramida, fipronil, clorpirifós); líquidos (fipronil, piretroides) y el termonebulizador (deltametrina + esbiothrina) (Mousqués, 2014; Eskiviski et al., 2016).

Con pocos registros de plagas insectiles que afecten significativamente al cultivo, se reconoce el efecto de especies xilófagas pertenecientes al género *Oncideres* spp. (cortapalo); ataca árboles vigorosos y sanos, causando daños en plantaciones comercia-

les de especies nativas, especialmente del género *Prosopis*, implantadas con finalidad maderera en macizos y en sistemas silvopastoriles (Villaverde y Acosta, 2013). El control implica la destrucción de ramas con síntomas mediante quema y/o la instalación de frascos trampa con melaza para atrapar a los adultos y disminuir el nivel poblacional (DPF-INTA, 2014). Sin la información del manejo correspondiente, se mencionan también problemas con ácaros cuando hay sequía ambiental, cochinillas y, como importante, la presencia de coleópteros (brúquidos) que se alimentan de frutos y semillas afectando principalmente plantaciones destinadas a producir estos productos (Galera, 2000; DPF-INTA, 2014).

Los roedores (liebres, conejos, vizcachas, cuisés, etc.) realizan el mayor daño durante el periodo invernal ya que al escasear la vegetación, las plantas están más expuestas a herbivoría (DPF-INTA, 2014). Las alternativas incluyen dejar cierto grado de enmalezado para que el animal no identifique con facilidad las plantas, la aplicación de repelentes o el uso de cercos individuales o polainas de manera permanente para la protección inicial de las plantas (Carranza y Ledesma, 1993; Joseau et al., 2006)

Las malezas pueden ser controladas químicamente mediante el uso de herbicidas o de manera mecánica con rastra de disco, rolos o con motoguadaña de disco y con tanza (Coronel de Renolfi et al., 2010). Se recomienda realizar un control (químico o mecánico) localizado mínimamente alrededor de la planta, contemplando el mayor riesgo de incendios por la acumulación de materia seca entre líneas. El control total si bien disminuye la acumulación de ésta última, favorece la presencia de liebres, al disponer de un terreno limpio que les permite tener una mayor visibilidad para escapar de sus depredadores (DPF-INTA, 2014).

Recientemente, se ha patentado una nueva formulación química para el control de malezas y plagas, que ha sido probado en *Prosopis* quien se caracteriza por ser resistente; que contiene D- pinitol (3-O-metil-chiro-inositol); y se utiliza actualmente como un suplemento dietario para las personas, también en pacientes resistentes a la insulina, y ayuda al transporte de glucosa en el músculo, entre otros efectos relacionados

con sus virtudes como molécula activa y lejos de ser contaminante. Se aplica en el campo a una concentración de D-pinitol entre 0,20 mg/mL y 2300 mg/mL; por medio de dispositivos (aspersores, aplicadores de sustancias en forma de gránulos y aplicadores de sustancias en polvo). Cabe mencionar que es un compuesto no tóxico producido naturalmente por varias especies vegetales frente al "estrés hídrico"; lográndose aislar a partir de hojas y vainas de *Prosopis* entre otras especies (Sosa et al., 2017).

Navall et al. (2015) determinaron que la poda mejora el sistema arquitectural de las plantas de *P. alba* cultivadas en macizo al disminuir el número y grosor de ramas co-dominantes y mejor la forma de fuste. En cuanto a la oportunidad para ejecutar la práctica e intentando reducir el impacto negativo de la misma sobre el crecimiento, se recomienda iniciar las podas de formación durante el reposo invernal en plantas que cuenten con 3-4 cm de diámetro de cuello (2,5 períodos vegetativos) y luego continuar con podas invernales o primavera-estivales de baja intensidad, hasta tanto se defina la longitud del fuste deseado. Cabe señalar que la intensidad de la poda es un compromiso entre el volumen del follaje que permanece y el que se retira, siendo la ideal aquella que no altere significativamente la tasa de crecimiento de la plantación (Seitz, 1995). En plantaciones jóvenes de *P. alba* se indican intensidades no superiores al 30% de la altura total de los árboles para no afectar significativamente el crecimiento en diámetro y área basal, además de limitar la emisión de brotes epicórmicos (Dirección de Bosques de Formosa, 2008; Atanasio, 2014).

Por su parte y mediante sus experiencias, Delvalle (2010) ha concluido que deben realizarse "podas de formación" en el 1° y 2° año extrayendo ramas laterales gruesas y, al 3° año, la denominada "poda del fuste" interviniendo hasta el 50% de la altura total.

Pérez (2012a), indica que los tipos de podas a realizarse en *Prosopis* son: a) Poda de formación: de carácter selectiva, a nivel de parcela y árbol, es la primera práctica silvícola en una plantación. En plantas con una altura total entre 1 y 1,8 m se eliminan las ramas verdes gruesas que compiten con el eje principal y las bifurcaciones del tallo

principal localizadas en la mitad inferior del árbol. En esta poda no se quitan las ramas que estén en la porción superior del árbol. b) Podas forestales o sistemáticas: la 1° en plantas de más de 1,80 a 3 m de altura y con una intensidad del 33% de la altura total; se extraen las ramas hasta 1 metro del 90-100% de los individuos. La 2° en plantas de 3 a 6 m de alto con una intensidad variable entre 33 y 50% del alto; la altura de poda es de 2 metros y se realiza sobre el 60-70% de los individuos. Finalmente, la 3° en plantas de 6 m a 9 m de alto, interviniendo entre el 33 y el 50% de la altura total; se levanta la poda hasta los 3 metros en aproximadamente 150-200 plantas/ha.

Los ensayos relacionados al ajuste de esta práctica determinan que los mejores resultados se logran con intensidad leve ($\leq 33\%$ de la altura total) y, a fin de evitar tener que podar ramas gruesas (>5 cm de diámetro basal) en sitios de buena a excelente calidad, el levante debe hacerse con una frecuencia menor a los 12 meses (Pérez et al., 2016).

El calendario de poda es conveniente que coincida con los meses de junio, julio y agosto, período de menor actividad cambial y riesgo sanitario (Pérez, 2012a). Respecto a la planificación de estas (cantidad y oportunidad), Kees y Michela (2016) no objetan las sugerencias, aunque reconocen la necesidad de considerar los costos que estas intervenciones implican y la posibilidad de subsidiarse mediante los programas de financiamiento vigentes.

La ley de inversiones para bosques cultivados incorpora en su plan de manejo tres operaciones de poda y subsidia un porcentaje del costo de estas luego de la certificación de la práctica, lo cual implica que cada poda forestal cumpla las siguientes condiciones: Primera poda: la eliminación total de ramas laterales desde la base de los individuos a intervenir. La altura de la poda en ningún caso podrá ser inferior a un metro (1 m) ni al tercio de la altura total de los individuos, no pudiendo exceder la misma el 50% de la copa viva al momento de iniciar la poda. La cantidad de árboles a podar no deberá ser inferior al 80% de la densidad de plantación para dicha especie y provincia. El material cortado deberá tratarse de manera tal que no constituya riesgo de propaga-

ción de incendios y enfermedades. Segunda poda: la eliminación de las ramas laterales en ejemplares que hayan sido objeto de poda previa, con el objeto de obtener un fuste libre de ramas de por lo menos dos metros (2 m) de altura. La cantidad de árboles a podar no deberá ser inferior al 50% de la densidad inicial de plantación. El material cortado deberá tratarse de manera tal que no constituya riesgo de propagación de incendios y enfermedades. Tercera poda: a la eliminación de las ramas laterales en ejemplares que hayan sido objeto de dos (2) o más podas previas, con el objeto de obtener un fuste libre de ramas de por lo menos tres metros (3 m) de altura. La cantidad de árboles a podar no deberá ser inferior a ciento cincuenta (150) pl./ha. El material cortado deberá tratarse de manera tal que no constituya riesgo de propagación de incendios y enfermedades (Ley 26432, 2014). En la práctica, la altura de levante de las podas que se especifican en la ley se alcanza con la aplicación de dos podas sucesivas e inmediatas, muy suaves, que permitan lograr tramos cortos (aprox. 40 cm de longitud) en cada intervención (Pérez, 2012a).

Considerando que el principal destino de la madera es el aserrado, resulta indispensable el raleo o aclareo de las forestaciones; práctica forestal mediante la cual se eliminan individuos indeseables, dejando en pie y bien distribuidos en el espacio los mejores árboles de una plantación (Coronel de Renolfi et al., 2014). Con la ejecución de esta tarea se mejora notablemente la masa ya que deja como árboles residuales para la corta final únicamente los de primera calidad maderera (Cozzo, 2007).

Se entiende por raleo la eliminación selectiva de un determinado número de individuos en una población arbórea joven, en relación a la duración del ciclo productivo, a fin de redistribuir el potencial de crecimiento entre los árboles que queden, con el fin, de obtener mayores incrementos volumétricos individuales, logrando una mayor calidad del producto final. El apoyo económico se otorgará cuando se demuestre que el producto extraído no genera renta en su comercialización. Una vez efectuada la tarea se deberá tratar al material extraído de manera tal que no constituya riesgo de propagación de incendio. Las extracciones no podrán ser inferiores al 30% de la población. En el caso

de raleo, se otorgará únicamente para la primera operación. No podrán solicitarse simultáneamente para una misma superficie y para el mismo año el Apoyo Económico No Reintegrable para manejo de rebrotes y para poda (Ley 26432, 2014).

La normativa legal para el fomento forestal solo subsidia una intervención (Ley 26432, 2014), pero en plantaciones de algarrobo deben ejecutarse 3 ó 4 raleos hasta el momento de la corta final; pudiendo realizarlos en cualquier época del año, aunque es mejor durante los meses del invierno (Pérez, 2012b).

Cuando el manejo de la forestación de algarrobo es exclusivamente forestal; el primer raleo es una corta de saneamiento que se realiza por única vez, a temprana edad, cuando la plantación presenta un promedio menor a 10 cm de diámetro; tiene el fin de sanear y mejorar la estructura de la masa forestal (Coronel de Rendolfi et al., 2014). Es el más común y que mejor se ajusta a la realidad del pequeño forestador, ya que se favorecen a los árboles selectos, llamados Árboles del Futuro – AF, quitándoles uno o más competidores ubicados alrededor de ellos. Los siguientes raleos (raleos comerciales) se efectúan cuando las ramas de la copa de los árboles se tocan, están próximas a tocarse o llega escasa luz al suelo del bosque (menos del 40% de la luz al aire libre, es decir, sin árboles (Pérez, 2012b).

Valdora y Jáimez (2000) y Delvalle (2006) señalan una intensidad de raleo del 50% del AB para el primer raleo comercial en plantaciones con densidades iniciales de 490 y 1250 plantas/ha respectivamente; mientras que Atanasio (2014) trabajando en una forestación de nueve años comprobó que los incrementos diamétricos logrados con intensidades de raleo del 20 y 40% del área basimétrica o área basal-AB (metros cuadrados de área transversal por hectárea) resultan iguales entre sí durante los tres años posteriores a la práctica; de forma similar, Pérez et al. (2016) hallaron que raleos del 40% de intensidad permiten obtener un incremento diamétrico con una leve reducción del incremento de área basimétrica y la menor emisión de brotes epicórmicos. Así mismo, se ha comprobado que la intensidad de ambos tipos de raleos oscila entre 22 y 30% del AB (Pérez, 2018, comunicación personal).

Sin embargo, al momento de definir la intensidad es necesario comprender que los efectos del raleo sobre el crecimiento dependen del estado estructural y nivel de competencia biológica interna del rodal: en rodales con alta competencia intraespecífica, la disminución de la densidad por el raleo estimula el crecimiento diamétrico, el que resulta proporcional a la intensidad de la corta y, una intensidad entre 25 y 30%, resultaría la más adecuada. A diferencia, en rodales jóvenes, con competencia incipiente y espesura defectiva o subnormal, el raleo selectivo temprano mejora su condición estructural pero no significa un mayor crecimiento de la masa remanente (Pérez et al., 2016). La elección de los individuos destinados a permanecer estará fundamentada por el diámetro, la rectitud y la altura del fuste (Kees y Michela, 2016).

La concreción, en tiempo y forma, de las prácticas silviculturales intermedias mencionadas permitirán llegar a cosecha con los mejores fustes. Los turnos de corta mencionados para la especie varían entre 35 años (Valdora y Jáimez, 2000); 20 a 25 años (Pérez, 2012a; Di Marco, 2013) y hasta 20 a 30 años (Kees y Michela, 2016).

Como se mencionara anteriormente, la correcta selección del material genético es otra de las estrategias para la obtención de buenos rendimientos. La determinación de la procedencia geográfica de una especie es vital, ya que las plantas se adaptan a las condiciones ambientales donde crecen por selección natural a aspectos como la temperatura media, temperaturas extremas, precipitación, heladas, tipo y propiedades físicas y químicas de los suelos, e incluso el fotoperiodo que regula la forma y periodo de crecimiento de los árboles (White et al., 2007). Si los factores ambientales son diferentes entre los lugares donde las plantaciones serán establecidas y su distribución natural de las especies, se tendrán problemas de adaptación, mortandad o simplemente crecimientos subóptimos, con las consecuentes pérdidas (Sáenz, 2004). De manera general, se recomienda usar la fuente local de germoplasma para plantaciones (CONACYT-CONAFOR, 2014).

Con el objeto de evaluar el comportamiento de plantas de *P. alba* de tres procedencias en dos ambientes diferentes se establecieron ensayos en las localidades de Corrientes y Sáenz Peña (Chaco) para valorar su desempeño en dichos ambientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal. Se trabajó con plantines de *P. alba* producidos a partir de semillas provenientes de 3 rodales semilleros (ver capítulo II).

La viverización de los mismos fue de 6 meses, en contra-estación (abril a octubre), dentro de invernáculo en la EEA INTA Sáenz Peña (ver capítulo III).

Se implantaron dos ensayos en dos puntos geográficos diferentes: 1) Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Sáenz Peña, en la localidad de P. R. Sáenz Peña, Chaco; 2) Campo Didáctico Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (CDEA) en la ciudad de Corrientes (Tabla 13).

En ambos ensayos la preparación del suelo consistió en dos pasadas de rastra de discos con una antelación de dos meses previos a la plantación. Para el control de hormigas se aplicó un cebo hormiguicida (Formidor®, p.a. Fipronil 0,003%) en la dosis especificada en el marbete según el género de hormiga identificada en el monitoreo.

La plantación fue realizada en octubre siguiendo un marco de plantación de 4 * 4 metros (625 plantas/ha). El ensayo 1 (S. Peña) fue implantado el 13/10/2015 con un riego de asiento y otro 15 días posteriores al primero. La presencia de roedores determinó la reposición de individuos atacados y la consiguiente protección de plantas. Cada una fue resguardada con un tubo plástico de 50 cm de alto -logrado con dos envases de bebida de PVC sin extremos- fijado al suelo con una estaca. El ensayo 2 (Corrientes) se estableció el 23/10/2015 recibiendo el correspondiente riego de asiento.

La conducción del ensayo (2 años) consistió en el control de hormigas y de malezas; realizando control químico mediante aplicación dirigida de herbicida al 2% (Panzer® Gold, p.a. glifosato sal dimetilamina 60,8%) entre plantas y, en los entrelíneos, control mecánico con desmalezadora. En el período transcurrido se realizó poda de formación

selectiva a nivel de árbol, eliminándose bifurcaciones y ramas verdes que competían con el eje principal.

Evaluación del comportamiento a campo. El desempeño de cada procedencia se midió a través de los siguientes parámetros:

1. Índice de respuesta neta (IR) basado en el propuesto por Armas et al. (2004):

$$IR = (S1 - S2) / (S1 + S2).$$

Donde S1 y S2 corresponden a las supervivencias de las partidas de una especie de distintas procedencias. El valor absoluto de la diferencia permite que el orden de las partidas 1 y 2 en la expresión sea irrelevante. Este índice oscila 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 (y por tanto a las condiciones del sitio y condiciones climáticas del año de plantación). Se realizó la comparación entre las dos procedencias que demuestren mejor comportamiento al cumplirse el segundo año de plantación (2017).

2. Variables dasométricas:

- a. Altura total: Se empleó una cinta métrica con precisión de 1 mm. Se registró la altura alcanzada por el meristema apical caulinar de cada planta. En los casos de individuos de altura considerable, se procedió midiendo de a tramos.
- b. Diámetro a la altura del cuello (DAC): Se registró el diámetro del tronco en la base de cada planta, al ras del suelo. Las mediciones se realizaron mediante el uso de un calibre digital de precisión de 0,1 mm y los resultados se expresaron en centímetros.
- c. Volumen de árbol en pie. Se utilizó el método de segmentación visual de Born y Chojnacky (1985): el mismo consiste en la segmentación visual de tallos y ramas y el cálculo del volumen de cada segmento, cuya suma indica el volumen por árbol.

Para la estimación del volumen se siguió el procedimiento de Smalian:

$$V = (AB + ab) / 2 * h$$

Donde AB es el área de la sección mayor; ab es el área de la sección menor y h la longitud de la troza. La determinación de las áreas (AB y ab) se realizó con la fórmula: $A = \text{diámetro}^2 * 0,7854$.

- d. Incremento Corriente Anual (ICA). Con los datos provenientes de la determinación del volumen de dos años consecutivos se calculó el incremento logrado en un año: $ICA = Y_{(t+1)} - Y_t$

Donde Y representa la dimensión considerada (volumen) y t la edad (12 y 24 meses).

El diseño del ensayo fue de bloques completos al azar con 3 tratamientos y tres repeticiones. Cada procedencia constituyó un tratamiento con 12 plantas/tratamiento.

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados estadísticamente con el software Infostat (Di Rienzo et al., 2011) mediante la aplicación de estadística descriptiva (promedio, desvío estándar y coeficiente de variación). Posteriormente se realizó el análisis de la variancia comparando las medias de los tratamientos a través de la prueba de Duncan al nivel del 5 % de probabilidad.

RESULTADOS

La supervivencia de las procedencias analizadas a través de los valores de índice de respuesta neta (IR) resultó estadísticamente no significativo tanto en el ensayo localizado en S. Peña ($p= 0,1501$) como en el de Corrientes ($p= 0,2937$). En todos los casos los valores de IR fueron estadísticamente iguales a cero, indicando ello que la procedencia no tuvo efecto alguno sobre la sobrevivencia de las plantas. No obstante pudo observarse que los individuos de la procedencia Santiago del Estero mostraron una *performance* inferior con respecto a las otras dos procedencias (Tabla 14).

En la tabla 15 se presentan las medidas resumen de las variables dasométricas registradas durante dos ciclos de crecimiento; observándose, para todos los parámetros y en las dos mediciones realizadas, que Salta Norte mostró valores mayores respecto a las demás procedencias. Asimismo, se aprecia que los coeficientes de variación de las

procedencias Chaqueña y Santiagueña fueron los mayores, indicando menor homogeneidad entre plantas respecto a los caracteres evaluados.

El análisis de la varianza determinó que para el ensayo conducido en S. Peña la procedencia Salta Norte resultara diferente y superior a Chaco y Santiago del Estero para todas las variables en ambas mediciones (Tabla 16). En cambio, en el ensayo de Corrientes, Salta Norte resultó significativamente superior para las variables DAC y altura total en los dos años evaluados, pero no así para la variable volumen, donde no se encontraron diferencias estadísticas entre procedencias (Tabla 16).

Las medidas de resumen y el análisis de la varianza del incremento corriente anual (ICA) (Tabla 17) demostraron que en el ensayo localizado en S. Peña la procedencia Salta Norte resultó estadísticamente diferente y superior a las otras dos. El ICA mínimo de Salta Norte resultó 2670 y 2841% superior a las procedencias Chaqueña y Santiagueña respectivamente y, de igual forma, los máximos fueron 244 y 501% mayores. En cuanto a los resultados obtenidos en Corrientes, no se encontraron diferencias estadísticas entre procedencias para el ICA; mientras que la procedencia Chaqueña fue la que mostró el valor máximo superior ($3491,88 \text{ cm}^3$) y, a la vez, hubo individuos que no han aumentado su volumen en el transcurso de un año ($\text{ICA} = 0 \text{ cm}^3$).

Como se indicara anteriormente, los coeficientes de variación más bajos fueron los de la procedencia Salta Norte y, para esta variable en particular, se hace evidente que la variabilidad de cada material fue mayor en Corrientes respecto a S. Peña.

DISCUSIÓN

La supervivencia es uno de los caracteres de comportamiento que estaría moldeada por la procedencia; ello se debe a que presiones de selección diferentes dan lugar a distintas adaptaciones (Climent et al., 2002) que determinan si el germoplasma es capaz o no de establecerse en un ambiente. La inexistencia de diferencias en el IR de las tres procedencias evaluadas permitiría inferir que las condiciones ambientes donde

se encuentran los rodales semilleros confieren a la descendencia habilidades para establecerse en sitios disímiles a los de su origen.

En este sentido las temperaturas medias de los sitios ensayados están por encima del de las procedencias; en cuanto al régimen pluviométrico, el de Corrientes es mayor que las tres procedencias geográficas en tanto que S. Peña es más húmedo que Santiago del Estero y Formosa y se asemeja bastante a Salta. South (2001) menciona que los factores que afectan el establecimiento de las plantas son las condiciones ambientales, el manejo, su morfología y su fisiología, juntamente con los factores genéticos modelados por la procedencia (Climent et al., 2002).

Según los resultados obtenidos, si bien los ambientes de ambos ensayos fueron sensiblemente diferentes y sabiendo que existen diferencias morfológicas entre los materiales desde su producción en vivero aunque el manejo de las plantas fue exactamente igual (Fontana et al., 2018); la correspondencia en el IR permitiría indicar que las tres procedencias tienen condiciones que les permiten establecerse en los diferentes sitios, más allá de las diferencias encontradas que tendrían atribución en la sobrevivencia de las plantas.

Esta capacidad de establecerse exitosamente de las procedencias puede tomarse como inequívoca, considerando lo expresado por Bush y Van Auken (1991), quienes sostienen que existen dos etapas clave en el establecimiento de los algarrobos que se caracterizan por una gran mortandad: la primera ocurre entre en el establecimiento de la plántula y la segunda en el pasaje de plántula a renoval; una vez superada la etapa de plántula, la supervivencia es alta.

Así como la sobrevida, las variables dasométricas son parámetros que se incluyen en los ensayos de procedencias para estudiar el comportamiento de diferentes poblaciones en ambientes disímiles, facilitando la decisión en la elección del origen geográfico de la semilla más adecuado para cada sitio de plantación (López-Lauenstein et al., 2015). La caracterización del material biológico disponible es de gran importancia pues, como lo mencionaran Palacios y Brizuela (2005b), las propuestas de forestación

con algarrobos deben generarse a partir de germoplasma seleccionado fenotípicamente y productivamente.

En 2011, en el marco del programa de domesticación y mejoramiento de especies forestales nativas e introducidas para usos de alto valor (PROMEFA), 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 7 materiales (López-Lauenstein et al., 2015). Las evaluaciones realizadas en estos ensayos concuerdan con los resultados logrados en el actual trabajo, incluso en la localidad de Corrientes, donde no existen precedentes en dicha temática.

Los registros de la red de ensayos al año de plantación, destacan a la procedencia Salta Norte del resto en los cinco sitios evaluados, tanto en diámetro como en altura; también fue sobresaliente en el sitio Laguna Yema que presentó el mayor crecimiento de las plantas de todos las procedencias: 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; 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., 2012a).

Estos registros son similares a los logrados en S. Peña para las mismas procedencias, no así para Corrientes donde todas las variables fueron inferiores. Analizando la información climática de cada sitio mencionado por López-Lauenstein et al. (2015) se verifica que, para todos los materiales, los mayores crecimientos ocurren en áreas con precipitaciones en el rango de los 700 y 500 mm/año (Laguna Yema –Formosa- y Fernández –Santiago del Estero) (<https://es.climate-data.org>), luego los valores más bajos se ordenan de manera inversamente proporcional al registro pluviométrico del sitio.

De cierta forma lo anterior explicaría los resultados contrastantes generados en el presente trabajo: S. Peña, con 964 mm/año muestra grandes crecimientos en DAC, altura y volumen; a diferencia, los registros para Corrientes, con 2268 mm/año, son del orden del 50% para DAC y entre 2 y 5 veces menor para altura y volumen. Cabe mencionar

que las diferencias halladas están también asociadas a las características edáficas de los sitios. Vicentini et al. (2012) observaron en Formosa que, en la primera etapa de plantación, el desarrollo y el crecimiento de los árboles están influenciados por la textura de los suelos indicando que aquellas finas (arcillosas) resultan desfavorables en periodos secos pues demoran el desarrollo radical.

De igual modo, Kees et al. (2017) señalan que la altura de los árboles es mayor en suelos con textura ligera. Esta afirmación resulta contradictoria considerando que, según los resultados obtenidos en el ensayo de S. Peña, 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; y ello determinó que este sitio funcionara mejor que 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 pone de manifiesto que los estudios realizados no contemplan el registro de variables simples como DAC y altura al segundo año y menos aún el volumen y su incremento en un período (ICA). Esta cuestión impide cotejar con otros autores los resultados obtenidos, no obstante, se coincide con lo enunciado por Vilela et al. (1996) y Ledesma et al. (2008) quienes sostienen en base a resultados experimentales con la especie, que las variables diámetro y altura están correlacionadas con el genotipo de las plantas y también de las condiciones de crecimiento.

En cuanto al ICA, la predominancia de la procedencia Salta Norte en S. Peña podría explicarse a través del comportamiento en ambientes naturales de los algarrobos; que presentan bajas tasas de crecimiento especialmente durante los primeros años de vida, sobre todo cuando las condiciones no son favorables, estableciendo que la variabilidad climática es un factor determinante (Villagra, 2000). Bender et al. (2015) sugieren que el factor más limitante sería la disponibilidad de agua ya que existe una correlación positiva entre ésta y el crecimiento en altura (Vilela et al., 1996). Las dife-

rencias de ICA entre ambos sitios da lugar a pensar que tal vez este recurso opere con igual magnitud, pero en sentido opuesto cuando está en exceso estableciendo que por encima de los 1200 mm la situación deje de ser óptima y los incrementos sean menores.

Los dos ensayos de procedencias mostraron que los individuos de Salta Norte tuvieron mejor *performance* respecto a las otras procedencias. Este origen (Salta Norte, Campo Durán), en función de los resultados de la red de ensayos de progenies conducidos desde 2011, fue elegido 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 puede incluirse a Sáenz Peña y Corrientes resultados de esta investigación.

CONSIDERACIONES GENERALES

El IR no demostró efectos de la procedencia sobre la sobrevivencia.

La procedencia Salta Norte resultó ser superior que las procedencias Chaqueña y Salta Norte. En la localidad de Sáenz Peña fue superior en todos los parámetros evaluados, mostrando además registros muy superiores a los medidos en Corrientes. En éste último sitio dicha procedencia superó a las demás en las variables DAC y altura total, no diferenciándose en el registro de volumen.

ANEXOS capítulo IV

Tabla 13. Georreferenciación y caracterización edafo-climática de los sitios de implantación de los ensayos.

	Ensayo 1: INTA S. Peña	Ensayo 2: CDEA Ctes.
Localización	P. R. Sáenz Peña – Chaco 26°49'42.62"S 60°26'42.56"W	Corrientes – Corrientes 27°28'33.3"S 58°47'00.1"W
Suelo	Argiustol údico Serie Chaco	Udipsament árgico Serie Ensenada Grande
Temperaturas	<u>Media</u> <u>Máx. media</u> <u>Mín. media</u>	<u>Media</u> <u>Máx. media</u> <u>Mín. media</u>
Período estival (°C)	25,0 31,3 19,0	25,7 31,3 20,9
Período invernal (°C)	17,6 24,2 11,7	19,0 23,9 14,9
Precipitación acumulada		
Período estival (mm)	1266,0 ¹	2688,3 ²
Período invernal (mm)	663,7 ¹	1848,2 ²
Precipitación media anual (mm)	964,8¹	2268,2²

¹ Estación meteorológica EEA INTA Sáenz Peña.

² Estación meteorológica Instituto Correntino del Agua y el Ambiente (ICAA).

Tabla 14. Índice de respuesta neta (IR) para plantines de *P. alba* de tres procedencias evaluados en dos sitios geográficos. Se presentan las medias \pm DE.

Ensayo	Procedencia	IR
EEA INTA Sáenz Peña	Chaqueña	0,010 \pm 0,02 ^{ns}
	Santiagoña	-0,010 \pm 0,02 ^{ns}
	Salta Norte	0,010 \pm 0,02 ^{ns}
CDEA Corrientes	Chaqueña	0,003 \pm 0,09 ^{ns}
	Santiagoña	-0,050 \pm 0,02 ^{ns}
	Salta Norte	0,050 \pm 0,04 ^{ns}

ns = no significativo (Duncan, $P < 0,05$).

Tabla 15. Variables dasométricas: medidas resumen de los años 1 y 2 para plantas de *P. alba* de tres procedencias evaluadas en dos localizaciones geográficas.

Variable	Procedencia	Año 1 (2016)					Año 2 (2017)				
		Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.	Media	D.E.	C.V.	Mín.	Máx.
DAC (cm)	Chaqueña	2,18	0,59	27,12	0,80	2,90	3,57	1,15	32,16	1,90	5,80
	Santiagoueña	2,12	0,47	22,25	1,30	3,20	3,18	0,85	26,71	2,00	4,70
	Salta Norte	3,19	0,60	18,90	2,10	4,20	5,63	1,03	18,27	4,10	7,00
H (cm)	Chaqueña	130,28	43,12	33,10	68,00	200,00	198,39	63,94	32,23	90,00	300,00
	Santiagoueña	112,17	31,01	27,65	83,00	190,00	167,89	39,84	23,73	104,00	270,00
	Salta Norte	193,54	43,91	22,69	99,00	250,00	288,33	65,09	22,57	170,00	400,00
Volumen (cm ³)	Chaqueña	263,51	188,99	71,72	17,48	705,15	1324,14	1119,84	84,57	104,20	4672,60
	Santiagoueña	208,28	127,29	61,12	62,95	500,65	824,90	610,93	74,06	151,48	2570,03
	Salta Norte	760,76	384,43	50,53	155,98	1517,22	4751,56	2797,83	58,88	1178,46	11721,58
DAC (cm)	Chaqueña	1,07	0,63	59,18	0,46	3,08	1,38	0,89	64,52	0,53	4,49
	Santiagoueña	1,05	0,35	33,72	0,54	1,95	1,43	0,50	34,80	0,80	2,42
	Salta Norte	1,47	0,40	26,90	0,79	2,15	2,50	0,77	30,95	0,82	4,32
H (cm)	Chaqueña	108,44	41,35	38,13	53,00	236,00	124,81	53,67	43,00	61,00	296,00
	Santiagoueña	104,94	39,25	37,40	45,00	172,00	126,54	43,57	34,43	53,00	190,00
	Salta Norte	136,89	41,17	30,08	36,00	212,00	181,56	53,34	29,38	45,00	288,00
Volumen (cm ³)	Chaqueña	51,96	91,28	175,67	5,27	405,01	305,54	900,08	294,59	9,20	3896,89
	Santiagoueña	40,61	49,14	121,00	5,01	216,13	132,92	128,31	96,53	19,74	380,94
	Salta Norte	90,69	74,00	81,59	1,84	288,84	491,19	411,05	83,69	15,64	1790,41

EEA INTA S. Peña

CDEA Corrientes

Tabla 16. Análisis de la varianza y test de comparaciones múltiples (Duncan) para las variables DAC (cm), altura (cm) y volumen (cm³) de los años 1 y 2 en plantas de *P. alba* de tres procedencias evaluadas en dos localizaciones geográficas. Se presentan las medias \pm DE.

Procedencia	Media	Desvío Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
Chaqueña	1060,63 a	1035,64	97,64	36,49	4260,07
Santiagoueña	616,62 a	499,96	81,08	34,29	2069,38
Salta Norte	3990,80 b	2537,32	63,58	974,14	10373,53
<i>p</i>-valor	<0,0001				
Chaqueña	268,5 a	833,55	310,45	0,00	3491,88
Santiagoueña	92,39 a	99,13	107,30	3,33	320,09
Salta Norte	400,79 a	360,57	89,97	3,60	1501,57
<i>p</i>-valor	0,3925				

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

EEA INTA S. Peña

CDEA Corrientes

Tabla 17. Medidas resumen, análisis de la varianza y test de comparaciones múltiples (Duncan) para el incremento corriente anual (ICA) en volumen de plantas de P. alba de tres procedencias evaluadas en dos localizaciones geográficas. Se presentan las medias \pm DE.

Procedencia	Media	Desvío Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
EEA INTA S. Peña					
Chaqueña	1060,63 a	1035,64	97,64	36,49	4260,07
Santiagoueña	616,62 a	499,96	81,08	34,29	2069,38
Salta Norte	3990,80 b	2537,32	63,58	974,14	10373,53
<i>p</i> -valor	<0,0001				
CDEA Corrientes					
Chaqueña	268,5 a	833,55	310,45	0,00	3491,88
Santiagoueña	92,39 a	99,13	107,30	3,33	320,09
Salta Norte	400,79 a	360,57	89,97	3,60	1501,57
<i>p</i> -valor	0,3925				

Medias con una letra distinta son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

El estudio reveló la existencia de diferencias en parámetros morfométricos entre semillas de *P. alba* de diferentes procedencias geográficas. Las variables longitud, ancho y peso de las semillas son estadísticamente diferentes y permiten separar las procedencias. Entre ellas, el mayor coeficiente de variación lo presentó el peso de semillas, lo cual indica que este es el parámetro que más difiere entre las poblaciones analizadas. La alta variabilidad intraespecífica del género *Prosopis* le permite una ventaja ecológica pero se torna un problema cuando se quiere disponer de semillas de buena calidad y uniformes para ser destinadas a plantaciones comerciales.

Es muy probable que la procedencia del rodal denominado "Salta Norte" se destaque en los parámetros morfométricos evaluados, debido a que es la que mayor régimen pluviométrico registra; y de acuerdo a resultados similares, el régimen hídrico es determinante en la época de fructificación para producir semillas de buena calidad, en la mayoría de las especies.

Mediante análisis multivariado fue posible separar a las procedencias en dos grupos que presentarían mayor similitud en los caracteres analizados: 1) Salta Norte y 2) Chaco y Santiago del Estero. Las variables cuantitativas simples (longitud, ancho y espesor) permiten identificar los dos grupos mencionados; la inclusión de variables cuantitativas compuestas y cualitativas aportan a un mayor nivel de diferenciación entre los materiales estudiados.

Los resultados relacionados con las pruebas para determinar calidad de semilla permitieron tener un conocimiento más objetivo y preciso del vigor del material de propagación procedente de áreas geográficas distintas, aunque se reconoce necesario realizar más estudios en la temática para desarrollar una metodología de trabajo de estimación del vigor de las semillas de *Prosopis alba* que además incorpore en el análisis la interacción de las propiedades bióticas y abióticas (las expresiones de la viabilidad, la dormición, la germinación y la emergencia) que influyen en las semillas y determinan el nivel de actividad y su comportamiento a través del tiempo.

En cuanto al método para valorar vigor, dada la existencia de interacción entre factores, el procedimiento que puede aplicarse de modo general en las procedencias estudiadas sería el EACH pues es el único que determina un IE estadísticamente diferente al testigo en semillas provenientes del rodal Salta Norte, procedencia que no se ve afectada por los efectos del EACS y el EASS.

Por otra parte, los resultados de los ensayos con su correspondiente interpretación estadística permitieron clasificar a las tres procedencias según su vigor medido a través del IE luego de la prueba de EACH: el rodal Chaqueño resulta superior a los rodales Santiagueño y Salta Norte, que son similares entre sí. Esta distinción lograda demuestra la importancia de complementar las pruebas de germinación estándar (PG y EG) con la evaluación de vigor al momento de determinar calidad en lotes de semillas. Cabe considerar que la valoración determinada con las pruebas de vigor no debe considerarse estática en el tiempo. Acorde a lo expuesto, el vigor es afectado por la interacción de las especies con el ambiente y, como es sabido, las condiciones ambientales son fluctuantes. De esta manera, el mejor desempeño para una muestra de semillas de un rodal de un determinado año puede variar respecto a los resultados provenientes de semillas de otro año de cosecha porque el ambiente materno fue determinante. Del mismo modo las condiciones de almacenamiento pueden afectar generando variaciones del vigor con el transcurso del tiempo. Contemplando estos argumentos surge la sugerencia de testear su evolución.

Los resultados obtenidos luego del ensayo de vivero permiten afirmar que en *P. alba* la procedencia influye sobre la morfología de las plantas y determina la existencia de dos grupos diferentes: por un lado, las procedencias Santiagueña y Chaqueña y, por otro, la procedencia Salta Norte. Cabe destacar que, si bien el objetivo del estudio fue establecer el efecto de la procedencia sobre las variables morfológicas, las mediciones realizadas permiten aseverar que las tres procedencias cumplen con los requisitos establecidos por DPF-INTA (2014) referido a las características de un plantín compe-

tente: edad comprendida entre los 3 a 6 meses, 25 a 35 cm de alto y un DAC mínimo de 3 mm (óptimo de 4 mm). No obstante, se hace evidente la necesidad de estudiar y establecer valores para los parámetros de calidad morfológica de especies nativas como *P. alba* pues esta información es de utilidad para proyectos de forestación y/o repoblación y, en la actualidad, se carece completamente de ella.

En relación a los ensayos de procedencias realizados en las localidades de Corrientes y Sáenz Peña (Chaco) puede mencionarse que no se detectaron efectos del origen geográfico del material biológico sobre la sobrevivencia. En ambos sitios de ensayo los índices de respuesta neta fueron similares para los materiales evaluados.

Considerando los parámetros dasométricos estudiados, la procedencia Salta Norte resultó superior respecto a las procedencias Chaqueña y Santiagueña. En Sáenz Peña, para esta procedencia todas las variables dasométricas evaluadas (DAC, altura total y volumen) resultaron estadísticamente superiores, mientras que en Corrientes solamente lo fue DAC y altura total.

Prosopis alba, en concordancia con los productos y servicios que genera, está considerada una especie multipropósito; es un recurso forestal de gran importancia regional debido a la diversidad de usos tanto madereros como alimenticios, forrajeros y medicinales. 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, su mantillo tiene efectos benéficos sobre la estructura del suelo, la provisión de perchas para el asentamiento de aves dispersoras de frutos de otras especies. En función de sus características de crecimiento, reviste potencial para ser empleada en la restauración de áreas degradadas y puede catalizar el desarrollo de nuevos sistemas de producción en los ecosistemas áridos argentinos.

Esta tesis ha permitido estudiar el comportamiento de diferentes procedencias en diferentes ambientes, facilitando la decisión en la elección del origen de semilla más adecuado para cada sitio de plantación. De esta manera se ha logrado comprobar que

algunos orígenes geográficos se destacan por expresar mayores parámetros dasométricos considerándose prioritarios en el proceso de mejoramiento por su alto desempeño en una gran variedad de ambientes; identificándose a la procedencia Salta Norte como la de mejor comportamiento para los parámetros evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Galván R, Mendizábal-Hernández L C, Alba-Landa J, Alderete C A, De La Cruz L N (2012). Variación de semillas y germinación de *Swietenia macrophylla* King de tres procedencias del Estado de Tabasco, México. *Foresta Veracruzana* 14(1): 35-42.
- Allen O N, Allen E K (1981). The Leguminosae: A Source Book for Characteristics, Uses, and Nodulation. Madison, USA: The University of Wisconsin Press. 806 págs.
- Almanza S, Moya E, Wendt T, Cossio F (1992). Potencial de hibridación natural en el mezquite (*Prosopis laevigata* y *P. glandulosa* var. *torreyana*, Leguminosae) de la altiplanicie de San Luis Potosí. *Acta Botánica Mexicana* 20: 101-117.
- Álvarez H, Vergara D, Jarzinski M, Velazco R, Baeza R (2015). Obtención de colorantes naturales a partir de semilla de algarroba para uso em fibras textiles y alimentos. En: TecnoINTI edición 2015, 12° Jornadas Abiertas de Desarrollo, Innovación y Transferencia Tecnológica (1a ed). San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Pp: 158.
- Alves E U, Bruno R L, Oliveira A P, Alves A U, Paula R C (2005). Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. *Revista Árvore* 29(6): 877-885.
- Amri E, Lyaruu H V M, Nyomora A M S, Kanyeka Z L (2008). Effect of timing of seed collection and provenance on seed viability and germination of *Dalbergia mel-anoxylon*. *Botany Research Journal* 1: 82–88.
- Amsler A (1986). Árboles, Arbustos y Hierbas de la Provincia de Santa Fe, su Aplicación Medicinal. Santa Fe, Argentina: Instituto de Investigaciones de Productos Naturales de Análisis y Síntesis orgánica. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Santa Fe. 102 págs.
- Angiosperm Phylogeny Group (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical journal of the Linnean Society* 181(1): 1-20.
- Araujo P A, Remacha-Gete A, Medina J C, Taboada J R (2003). Los recursos maderables del Chaco Semiárido Argentino. Características, usos actuales y potenciales. *Revista AITIM* 224: 50-53.
- Armas C, Ordiales R, Pugnaire F I (2004). Measuring plant interactions: a new comparative index. *Ecology* 85: 2682-2686.
- Arriaza M (2006). Guía práctica de análisis de datos. Sevilla, España: Junta de Andalucía. 201 págs.
- Arroyo A, Balzarini M, Bruno C, Di Rienzo J (2005). Árboles de expansión mínimos: ayudas para una mejor interpretación de ordenaciones en bancos de germoplasma. *Interciencia* 30(9): 550-554.
- Arteaga L (2007). El tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl. (Guttiferae) y su relación con la velocidad de germinación y tamaño de la plántula. *Revista Peruana de Biología* 14(1): 17-20.

- Association Official Seed Analysis - AOSA (2014). Seed vigour-testing handbook. Lincoln, USA: AOSA. 88 págs.
- Atanasio M A (2014). Influencia de la poda en el crecimiento de *Prosopis alba* Griseb. *Quebracho* 22(1,2): 66-78.
- Ayala-Garay O, Pichardo-González J, Estrada-Gómez J, Carrillo-Salazar J, Hernández-Livera A (2006). Yield and seed quality of ayocote bean at the valley of Mexico. *Agricultura Técnica en México* 32: 313-321.
- Ayerza R, Díaz R, Karlin U O (1986). Manejo de *Prosopis* arbóreos en sistemas de producción ganaderos en el Chaco Seco Argentino. En: II° Reunión Internacional de *Prosopis*. Recife, Brasil, 25-29 agosto 1986. Pp: 1-24.
- Baker H (1972). Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53(6): 997-1010.
- Baldo T (2012). Desempenho e caracterizacáo de sementes de diferentes procedencias de *Cedreia fissilis* Vellozo. Tesis de Maestría. Universidade Estadual Paulista Julio De Mesquita Filho. Jabotical. Brasil. 73 págs.
- Balzarini M, Bruno C, Córdoba M, Teich I (2015). Herramientas en el Análisis Estadístico Multivariado. Córdoba, Argentina: Escuela Virtual Internacional CAVILA. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. 51 págs.
- Barros S (2010). El género *Prosopis*, valioso recurso forestal de las zonas áridas y semiáridas de América, Asia y África. *Ciencia e Investigación forestal* 16(1): 91-127.
- Baskin C C, Baskin J M (2001). Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego, USA: Academic Press. 666 págs.
- Bender A, Araujo J, Perreta M, 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.
- Bentham G (1842). Notes on Mimoseae. *Hooker Journal of Botany* 4: 346-352.
- Bercovich N (2000) Evolución y situación actual del complejo forestal en Argentina. División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID/IDRC). http://www.academia.edu/4525469/EVOLUCI%C3%93N_Y_SITUACI%C3%93N_ACTUAL_DEL_COMPLEJO_FORESTAL_EN_ARGENTINA
- Bernardi C, Drago S, Sabbag N, Sanchez H, Freyre M (2006). Formulation and sensory evaluation of *Prosopis alba* (algarrobo) pulp cookies with increased iron and calcium dialyzabilities. *Plant Foods for Human Nutrition* 61(1): 37-42.
- Besega C, Ferreyra L, Julio N, Montoya S, Saidman B O, Vilardi J C (2000). Mating system parameters in species of genus *Prosopis* (Leguminosae). *Hereditas* 132(1): 19-27.

- Bessegga C, Saidman B O, Vilardi JC (2005). Genetic relationships among American species of *Prosopis* (Leguminosae) based on enzyme markers. *Genetics and Molecular Biology* 28(2): 277-286.
- Bessegga C, Vilardi J C, Saidman B O (2006). Genetic relationships among American species of the genus *Prosopis* (Mimosoideae, Leguminosae) inferred from ITS sequences: evidence for long- distance dispersal. *Journal of Biogeography* 33(11): 1905-1915.
- Bessey C (1915). The Phylogenetic Taxonomy of Flowering Plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 2(1/2): 109-164.
- Biloni J (1990). Árboles Autóctonos Argentinos. Buenos Aires: Tipográfica Editora Argentina. 335 págs.
- Birchler T, Rose R, Royo A, Pardos M (1998). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria* 7(1-2): 109-121.
- Böhm W (1979). Ecological studies: Methods of studying root systems (Vol. 33). Berlin: Springer. 188 págs.
- Bonfanti F (2014). Las políticas de desarrollo local dentro del complejo económico de la madera en el Chaco. El caso del programa Veta Noble. En: XV Encuentro de profesores en geografía del Nordeste – UNNE. Resistencia, 6 y 7 de noviembre 2014. 14 págs.
- Born D J, Chojnacky D C (1985). Woodland tree volume estimation: A visual segmentation technique. Research Paper INT-344. USA: USDA - Forest Service. 16 págs.
- Bravato M (1974). Estudio morfológico de frutos y semillas de las Mimosoideae (Leguminosae) de Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 9(1-4): 317-361.
- Bravo L, Grados N, Saura-Calixto F (1998). Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L.). *Journal of Agricultural and Food and Chemistry* 46: 1727-1733.
- Burdett A N (1983). Quality control in the production of forest planting stock. *The Forestry Chronicle* 59:132–138.
- Burghardt A D, Brizuela D D, Palacios R A (2000). Variabilidad en plántulas de algunas especies de *Prosopis* L. (Fabaceae). En busca de descriptores morfológicos. *Multequina* 9: 23-33.
- Burghardt A, Espert S (2007). Phylogeny of *Prosopis* (Leguminosae) as shown by morphological and biochemical evidence. *Australian Systematic Botany* 20: 332-339.
- Burghardt A, Palacios R (1984). Variabilidad electroforética en cuatro especies de *Prosopis* (Leguminosae). En: XV Congreso Argentino de Genética (Corrientes). Resumen 65.
- Burkart A (1940). Materiales para una monografía del Género *Prosopis*. *Darwiniana* 4: 57-28.

- Burkart A (1952). Las Leguminosas argentinas silvestres y cultivadas - 2º Ed. Buenos Aires, Argentina: Ed. ACME. 569 págs.
- Burkart A (1976). A monograph of the Genus *Prosopis* (Leguminosae Subfam. Mimosoideae). *Journal Arnold Arboretum* 57 (3-4): 219-525.
- Burkart A (1987). Leguminosae. En: Burkart A (Ed.). Flora Ilustrada de Entre. Ríos (Argentina) - Tomo III. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Pp: 442-742.
- Burkart A, Simpson B (1977). The genus *Prosopis* and annotated key to the species of the world. En: Simpson D (Ed.). Mesquite, Its Biology in Two Desert Ecosystems. Stroudsburg, Pennsylvania, USA: Dowden, Hutchinson and Ross. Pp: 201-216.
- Burley J (1969). Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. *Unasyva* 23: 24-28.
- Bush J K, 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.
- Camargo I, Rodríguez N (2006). Nuevas perspectivas para el estudio de la asignación de biomasa y su relación con el funcionamiento de plantas en ecosistemas neotropicales. *Acta Biológica Colombiana* 11(1): 75-87.
- Carnevale J (1955). Árboles forestales. Descripción, cultivo, utilización. Argentina: Hachette S A. 689 págs.
- Carranza C, Ledesma M (1993). Evaluación de protecciones individuales contra roedores para las repoblaciones con *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz en el chaco árido. En: 7º Jornadas Técnicas Ecosistemas Forestales Nativos. Uso, Manejo y Conservación, Eldorado, Misiones. Pp: 325-330.
- Catalano A S, Vilardi J C, Tosto D, Saidman B O (2008). Molecular phylogeny and diversification history of *Prosopis* (Fabaceae: Mimosoideae). *Biological Journal of the Linnean Society* 93: 621-640.
- Chavasse C (1980). Planting stock quality: a review of factors affecting performance. *New Zealand Journal of Forestry* 25: 144-171.
- Cherubini C (1954). Números de cromosomas de algunas especies del género *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoidae). *Darwiniana* 10: 637-643.
- Chiatante D, Di-lorio A, Scippa G, Sarnataro M (2002). Improving vigour assessment of pine (*Pinus nigra* Arnold). *Plant Biosystems* 136: 209-216.
- Climent J M, Gil L, Pérez E, Pardos J A (2002). Efecto de la procedencia en la supervivencia de plántulas de *Pinus canariensis* Sm. en medio árido. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 11(1): 171-180.
- CONACYT-CONAFOR (2014). Fondo sectorial para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica forestal CONACYT-CONAFOR. Convocatoria C03-2014. 11 págs.
- Copeland L, McDonald M (2012). Principles of Seed Science and Technology. Norwell, Massachusetts: Springer Science & Business Media. 467 págs.

- Coronel de Renolfi M, Cardona G, Ruiz A (2010). Coeficientes técnicos del primer año de plantación de *Prosopis* sp. en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho* 18(1-2): 58-70.
- Coronel de Renolfi M, Cardona G, Moglia J, Gomez A (2014). Productividad y costos del raleo de algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero, Argentina: Una primera aproximación. *Agrociencia Uruguay* 18(2):128-136.
- Correa-Uriburu F M, Alberto M R, Isla M I (2017). Estudio fitoquímico y actividad biológica de semillas de diferentes clones de *Prosopis alba*. *Dominguezia* 33(1): 82.
- Cozzo D (2007). Silvicultura de plantaciones maderables. Capítulo XXV: Los raleos. 1ra. ed. Buenos Aires: Orientación gráfica editora. Volumen 2. Pp: 592-650
- Cronquist A (1981). An integrated system of classification of flowering plants. New York: Columbia University Press. 1262 págs.
- Cruz G (1999). Production and characterization of *Prosopis* seed galactomannan. Thesis Doctoral. Swiss Federal Institute of Technology, Zurich. 118 págs.
- Czabator F (1962). Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8: 386-396.
- D'Antoni H L D, Solbrig O T (1977). Algarrobos in South American cultures: past and present. En: Simpson B B (Ed.). Mesquite. Its biology in two Desert Scrub Ecosystems. Stroudsburg, Pennsylvania, USA: Dowden, Hutchinson and Ross. Pp: 1-26.
- Darwin C (1872). The origin of species. London: John Murray. 374 págs.
- Daws M I, Cleland H, Chmielarz P, Gorian F, Leprince O, Mullins C E, Thanos C A, Vandvik V, Pritchard H W (2006). Variable desiccation tolerance in *Acer pseudo-platanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology* 33: 59–66.
- De Candolle A P (1825). Prodrromus Systematics Naturalis. Regni vegetabilis, Pars 2. Paris:Trewttei & Würtz Eds. 644 pp.
- Deichmann V (1976). Noções sobre sementes e viveiros florestais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 196 págs.
- Delouche J, Baskin C (1996). Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science Technology* (1): 427-452.
- Delvalle P (2006). Raleo selectivo en forestación joven de algarrobo blanco. 2° Jornadas Forestales de Santiago del Estero. Santiago del Estero, 15 y 16 de Junio de 2006. 6 págs.
- Delvalle P (2010). Ensayo de intensidades de poda en *Prosopis alba*. Jornada Forestal, P.R. Sáenz Peña (Chaco).
- Delvalle P, Atanasio M, Ayala M, Svriz I, Petkoff J (2003). Ensayo de orígenes de *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo blanco). <https://www.yumpu.com/es/document/view/14838938/ensayo-de-origenes-de-Prosopis-alba-griseb-algarrobo-blanco-inta>

- Demaio P, Karlin U, Medina M (2015). Árboles nativos de Argentina (Vol. 1). Córdoba, Argentina: Ecoval Ediciones. 188 págs.
- Demera J (2012). Utilización de harinas de maíz hidropónico deshidratada y vaina de algarrobo en reemplazo parcial y total de la soya en la alimentación de conejos neozelandés en la etapa de crecimiento y engorde. *La Técnica Revista de las Agrociencias* 8: 48-57.
- Devaranavadagi S B, Gurumurthy R, Surendra P (2003). Provenance effect on seed quality in *Acacia nilotica*. *Karnataka Journal of Agricultural Science* 16(3): 479-480.
- Di Marco E (2013). *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo Blanco) (Familia Fabaceae, Mimosoideas). Ficha Técnica. Área Técnica Promoción Dirección de Producción Forestal MAGyP. <http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/prosopis-alba-griseb-familia-fabaceae-mimosoide.pdf>
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, González L, Tablada M, Robledo C (2011). InfoStat Software Estadístico versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz V (2010). Comportamiento en vivero de *Prosopis alba* Griseb. según sustratos, tipos de envases y dosis de fertilizante. XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Entre Ríos, Octubre de 2010. 15 págs. https://www.jornadasforestales.com.ar/jornadas/2010/trab_res_pos/441.11.T.DIA_Z.pdf
- Díaz-Yanevich C E, Sánchez D H, Prokopiuk D B, Glibota G S (2001). Avances en la determinación de la composición química y nutricional de las harinas de los frutos del *Prosopis alba*. En: Reuniones Científicas y Tecnológicas de la UNNE. 4 págs. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2001/7-Tecnologicas/T-076.pdf>
- Dickson A, Leaf A, Hosnerm J (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle* 36: 10-13.
- Dimitri M J, Leonardis R F J, Biloni J S (1998). El Nuevo Libro del Árbol: Especies Forestales de la Argentina Occidental. Tomo I. 3ª. Ed. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo. 120 págs.
- Dirección de Bosques de Formosa (2008). Poda de algarrobos. Cartilla. 12 págs.
- DPF-INTA (Dirección De Producción Forestal; Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria). (2014). Avances en la silvicultura del Algarrobo blanco. Buenos Aires: MAGyP – UNAF – INTA. 36 págs.
- Earl P (1998). Evolution by hybrid replacement in *Prosopis* (Mimosoideae). En: First International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. Vol. 1. Michigan, Ann Arbor, USA: Environmental Research Institute. Pp: 494-501.
- Eichler A W (1875). Blüthendiagramme. Leipzig, Germany: W. Engelmann. 348 págs.

- Engler A (1892). Syllabus der Vorlesungen über specielle und medicinisch-pharmaceutische Botanik. Eine Uebersicht über das gesammte Pflanzensystem mit Berücksichtigung der Medicinal- und Nutzpflanzen (1st ed.). Berlin. Gebrüder Borntraeger Verlag. Pp: 143.
- Escobar B, Estévez A A M, Fuentes C G, Venegas D F (2009). Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(2): 191-198.
- Eskiviski E, Correa M, Dehle R, Pascual F (2016). Recomendaciones básicas para el reconocimiento y manejo de la plaga. Hormiga Minera. Montecarlo, Misiones: Ediciones INTA. 12 págs.
- Espinosa-Calderón A, Tadeo-Robledo M, Tinoco-González L, Martínez-Mendoza R, Tellez C, González-Rojo I, Valdivia-Bernal R, Caballero-Hernández F, Sierra-Macías M, Gómez-Montiel N, Palafox-Caballero A, Zamudio-González B (2009). Épocas de cosecha, productividad y tamaño de semilla con relación al vigor de dos híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 169-177.
- Ewens M, Felker P (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, Stewart J L (1994). The Value of Acacias and Prosopis in Arid and Semi-arid environment. *Journal of Arid Environments* 27: 3-25.
- FAO (1985). Durabilidad natural y permeabilidad de la madera de tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil.) y algarrobo (*Prosopis alba* Griseb.). Panel 4: tecnología (continuo). En: Mesa Redonda Internacional sobre Prosopis tamarugo Phil., Arica, Chile, 11-15 Junio 1984.
- Federico J (2016). Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales. Maderas y muebles. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. 63 págs.
- Felker P (1999). Oportunidades de Inversiones en el Algarrobo (*Prosopis alba*). Santiago del Estero, Argentina: Secretaría de Producción y Medio Ambiente. 13 págs.
- Felker P, Guevara C (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): 271-286.
- Ferreyra L, Vilardi J, Verga A, López V, Saidman B O (2013). Genetic and morphometric markers are able to differentiate three morphotypes belonging to Section Algarobia of genus *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). *Plant Systematics and Evolution* 299:1157-1173.
- Folliot F, Thames J (1983). Manual sobre la taxonomía de *Prosopis*, en México, Perú y Chile. FAO: 1-35.
- Fonseca S (1982). Variações fenotípicas e genéticas em braçatinga *Mimosa scabrella* Benth. Piracicaba. Tese Mestrado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 86 págs.

- Fontana M L, Pérez V R, Luna C V (2014). Efecto de tratamientos pre-germinativos sobre los parámetros de vigor en semillas de *Prosopis alba* de diferentes procedencias geográficas. XXVI° Reunión de comunicaciones científicas, técnicas y de extensión de la Facultad de Ciencias Agrarias –UNNE. Corrientes, 6 al 8 de Agosto del 2014. 1 pág. <http://www.agr.unne.edu.ar/images/documentos/posgrado/Comunicaciones/FOR ESTALES/>
- Fontana M L, Pérez V R, Luna C V (2015). Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de *Prosopis alba*. *Multequina* 24: 33-45.
- Fontana M L, Pérez V R, Luna C V (2016). Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. *Revista FAVE - Sección Ciencias Agrarias* 15(1): 37-50.
- Fontana M L, Pérez V R, 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.
- Fredrick C, Muthuri C, Ngamau K, Sinclair F (2015). Provenance variation in seed morphological characteristics, germination and early seedling growth of *Faidherbia albida*. *Journal of Horticulture and Forestry* 7(5): 127-140.
- Freire J M, Piña Rodrigues F, Fonseca Dos Santos A (2015). Intra-and inter-population variation in seed size and dormancy in *Shizolobium parahyba* (Vell.) Blake in the Atlantic forest. *Ciencia florestal, Santa Maria* 25(4): 897-907.
- Galera F M (1995). Banco de Germoplasma para especies del género *Prosopis* de la Provincia de Córdoba, Argentina, Organización y Estado Actual. En: Memorias XIV R.G.C FAO - INTA. Pp: 54–63.
- Galera F M (2000). Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Córdoba: UNC-Secretaría de Ciencia y Tecnología. 269 págs.
- Galera F M, 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), 31 marzo-2 abril, Santiago del Estero, Argentina. Pp. 68-76.
- Galera F M, Trevisson M, Bruno S (1992). *Prosopis* in Argentina: Initial Results on Cultivation in Greenhouses and Orchards, and Pod Quality for Food or Feed of Five Native *Prosopis* Species of Córdoba Province. En: Dutton R W (Ed.). *Prosopis species. Aspects of their Value, Research and Development*. Proceedings of the *Prosopis* Symposium, Centre for Overseas Research and Development. UK: University of Durham. Pp: 145-156.
- Gallindo A (1986). Hibridación natural en el mezquite (*Prosopis laevigata* y *P. glandulosa* var. *Torreyana*) de la altiplanicie de San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Centro de Botánica, Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México. 112 págs.
- Garnier E, Freijsen A (1994). On ecological inference from laboratory experiments conducted under optimum conditions. En: Roy J, Garnier E (Eds.), *A whole plant*

perspective on carbon–nitrogen Interactions. Amsterdam: SPB Academic Publishing. Pp: 267-292.

- Ghildiyal S K, Sharma C M, Gairola S (2009). Additive genetic variation in seedling growth and biomass of fourteen *Pinus roxburghii* provenances from Garhwal Himalaya. *Indian Journal of Science and Technology* 2(1): 37–45.
- Giamminola E M, De Viana M (2013). Caracterización morfológica de frutos y semillas de dos accesiones de *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. y *Caesalpinia paraguayensis* (D. Parodi) Burkart, conservadas en el banco de germoplasma de especies nativas de la Universidad Nacional de Salta, Argentina. *Lawet* 2(1): 23-29.
- Gibson A (1998). Photosynthesis organs of desert plants. *Bioscience* 48(11): 911-920.
- Giménez A M, Moglia J G, Ríos N, Hernández P, Gerez R (2016). Potencialidad de especies del genero *Prosopis* en la provincia de Santiago del Estero. En: V Jornadas Forestales de Santiago del Estero. 12-14 Agosto 2016. <http://fcf.unse.edu.ar/eventos/2-jornadas-foresta-les/pdfs/Potencialidad%20de%20Especies%20del%20GE%20Prosopis.pdf>
- Giménez A M, Rios N, Moglia J G, Hernández P, Bravo S J (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, Ríos N, Moglia J G, López C (1998). Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, Mimosaceae, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Bosque* 19(2): 53-62.
- Ginwal H S, Rawat P S, Mohit G, Neelu G, Srivastav R C (1995). Study on the pattern of germination of various sub species cum proveanances of *Acacia nilotica* dild ex. Del, under nursery conditions. *Indian Forester* 12(1): 29-38.
- Gómez-Sosa E, Palacios R (1994). *Prosopis* L. En: Kiesling R (Ed.). Flora de San Juan - Vol. 1. Ed. Vázquez Mazzini: Buenos Aires, Argentina. Pp: 264-272.
- González-Galán A, Duarte-Corrêa A, Patto de Abreu, C M, Piccolo-Barcelos M F (2008). Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolivia y Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58(3): 309-315.
- Grados N, Cruz G (1996). New approaches to industrialization of Algarrobo (*Prosopis pallida*) pods in Peru. En: Felker P, Moss J (Eds.). Proceedings of the workshop: "Prosopis: semiarid fuelwood and forage tree, building consensus for the disenfranchised". Texas A&M University, Kingsville. Washington, DC. 13-15 Marzo 1996.
- Grossnickle S (2000) Ecophysiology of northern spruce species: the performance of planted seedlings. Ottawa: NRC Research Press. 407 págs.
- Grossnickle S, Macdonald J (2017). Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests* 43: 711–738.
- Gutterman Y (1992). Maternal effects of seed during development. En: Fenner M (Ed.). *Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Wallingford, UK: CAB International. Pp: 59-84.

- Haase D L (2008) Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes* 52: 24–30.
- Harrington J, Mexal J, Fisher J (1994). Volume displacement method provides a quick and accurate way to quantify new root production. *Tree planters' Notes* 45: 121-124.
- Harris P, Pasiiecznik N, Smith S, Billington J, Ramirez L (2003). Differentiation of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC and *P. pallida* (H & B ex Willd.) H.B.K. using foliar characters and ploidy. *Forest Ecology & Management* 180: 153-164.
- Hernández M. (2011). Ensayo de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la región Costa de Oaxaca. Tesis Ingeniero Forestal. Campus Puerto Escondido. Universidad del Mar. Oaxaca, México. 125 págs.
- Hernández-Flores E (2010). Métodos de escarificación y prueba de envejecimiento acelerado en semillas de *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente. Tesis de Maestro en Ciencias. Postgrado de recursos genéticos y productividad ganadera. Montecillo, México. 79 págs.
- Herrera A (2000). La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Universidad INTEC/Programa EcoMar Inc. Santo Domingo: Editorial Sanmenycar. 121 págs.
- Hidalgo R (2003). Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales. En: Franco T L, Hidalgo R (Eds.), Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales. Boletín técnico no. 8. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Pp 2-26.
- Hieronymus J (1882). Plantas diafóricas. Buenos Aires: Editorial Atlántida. 421 págs.
- Hunziker J, Naranjo C A, Palacio R A, Poggio L (1977). Chromosomal cytology and hybridization. En: Simpson B (Ed.). Mesquite. Its Biology in Two Deserts Ecosystems. Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg, PA, USA. Pp: 56-59.
- Hunziker J, Poggio L, Naranjo C, Palacios R, Andrada A (1975). Cytogenetics of some species and natural hybrids in *Prosopis* (Leguminosae). *Canadian Journal of Cytology* 17: 253-262.
- Hunziker J, Saidman B O, Naranjo C, Palacios R, Poggio L, Burghardt A (1986). Hybridization and genetic variation of Argentine species of *Prosopis*. *Forest Ecology and Management* 16: 301-315.
- Hussein J H, Abdulla I S, Oda M Y (2013). Effect of Accelerated Aging Conditions on Viability of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds. *Euphrates Journal of Agriculture Science* 3(3): 1-9.
- Husson F, Josse J, Pages J (2010). Principal component methods – hierarchical clustering - partitional clustering: why would we need to choose for visualizing data? Technical Report. *Agrocampus*. https://pdfs.semanticscholar.org/0433/5d99d840ac3370f5aeb262828cf127d3ff1c.pdf?_ga=2.181129249.707552124.1530970199-948125689.1530970199
- Hutchinson J (1973). The families of flowering plants arranged according to a new system based on their probable phylogeny. 3ed. Clarendon Press. Oxford: Oxford. 968 págs.

- Iglesias O, Rivas R, García Fraile P, Abril A., Mateos P, Martínez-Molina E, Velázquez, E (2007). Genetic characterization of fast-growing rhizobia able to nodulate *Prosopis alba* in North Spain. *FEMS microbiology letter* 277(2): 210-216.
- Iglesias-Andreu L G, Mora I, Casas J L (2006). Morfometría, viabilidad y variabilidad de las semillas de la población de *Pinus hartwegii* del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Cuadernos de Biodiversidad* 19: 14-18.
- ISTA - International Rules for Seed Testing (1999). Internacional Seed Association Rules. *Seed Science and Technology* 27: 50-52.
- Jarzinski M, Velazco R, Vergara D, Álvarez H, Zunino C (2015). Aprovechamiento de los tintes vegetales del monte Chaqueño para su aplicación en artesanías e indumentaria. En: TecnoINTI edición 2015, 12° Jornadas Abiertas de Desarrollo, Innovación y Transferencia Tecnológica (1a ed). San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Pp: 68.
- Jianhua Z, McDonald M (1996). The saturated salt accelerated ageing test for small-seeded crops. *Seed Science Technology* 25: 123-131.
- Jorratti de Jiménez M, Di Barbaro G, Candia E, Vieyra E (2011). Caracterización morfológica de semillas y plántulas de tres especies de algarrobos (*Prosopis chilensis*, *P. flexuosa* y *P. nigra*). Estudios preliminares. *Biología en Agronomía* 1(2): 16-23.
- Joseau M J, Conles M, Verzino G (2013b). Conservación de recursos forestales nativos de Argentina. El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo. Córdoba: Editorial Brujas. 311 págs.
- Joseau M J, Ledesma M, Verga A, Carranza C (2006). El cultivo del algarrobo: obtención de semilla, vivero y plantación del algarrobo con especial referencia al Chaco árido argentino. Buenos Aires: Ediciones INTA. 32 págs.
- Joseau M J, Verga A R, Díaz M P, Julio N B (2013a). Morphological Diversity of Populations of the Genus *Prosopis* in the Semiarid Chaco of Northern Cordoba and Southern Santiago Del Estero. *American Journal of Plant Sciences* 4: 2092-2111.
- Juárez de Galindez M, Giménez A M, Ríos N, Balzarini M (2005). Modelación de crecimiento en *Prosopis alba* Griseb. empleando dos modelos biológicos. *Quebracho* 12: 34-42
- Juárez de Galindez M, Giménez A M, Ríos N, Balzarini M (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.
- Juárez-Agis A, López-Upton J, Vargas-Hernández J J, Sáenz-Romero C (2006). Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziessi* de México. *Agrociencia* 40(6): 783- 792.
- Kaewnaree P, Vichitphan S, Klanrit P, Siri B, K. Vichitphan (2011). Effect of accelerated aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds. *Biotechnology* 2: 175-182.

- Karlin U O (1988). Argentina: Diversidad de Especies y Ambientes. En: *Prosopis* en Argentina. Primer Taller Internacional sobre Recurso Genético y Conservación de Germoplasma en *Prosopis* - FAO y Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N. de Córdoba. Vol. 1: 1-14.
- Karlin U O, Coirini R O, Catalan L, Zapata R(1997). *Prosopis alba* – Argentina. En: FAO N° 12. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/redes/sisag/arboles/Arg-p-al.htm
- Kees S M, López A E, Rojas J M, Roldán M F, Zurita J J, Brest E F (2017). Características edáficas y su relación con la altura dominante en plantaciones de *Prosopis alba* en la provincia del Chaco <http://www.yvyrareta.com.ar/index.php/component/k2/item/48-carac-edaficas>
- Kees S M, Michela J F (2016). Recomendaciones prácticas de poda y raleo con diferentes horizontes de planificación en la provincia del Chaco. <https://inta.gob.ar/documentos/recomendaciones-practicas-de-poda-y-raleo-con-diferentes-horizontes-de-planificacion-en-la-provincia-del-chaco>
- Keys R N, Smith S E (1994). Mating system parameters and population genetic structure in pioneer populations of *Prosopis velutina* (Leguminosae). *American Journal of Botany* 81: 1013-1020.
- Killeen T, Beck S, Garcia E (1993). Guía de Árboles de Bolivia. La Paz, Bolivia: Ed. Herbario Nacional de Bolivia & Missouri Botanical Garden. 958 págs.
- Killian S (2012). Tolerancia a salinidad en *Prosopis chilensis* Moll Stuntz durante la germinación. *Biología en Agronomía* 2(2): 108-118.
- Kramer P, Kozłowski I (1972). Fisiología das árvores. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 745 págs.
- Kulygin A (1977). The effect of drought on the quality of seeds of *Robinia pseudoacacia*. *Forestry Abstracts* 3(9): 370.
- Lamarque A, Maestri D, Grosso N, Zygadlo J, Guzmán C (1994). Proximate Composition and Seed Lipid Components of some *Prosopis* (Leguminosae) from Argentina. *Journal of the Sciences of Food and Agriculture* 66: 323-326.
- Lamhamedi M, Bernier P, Hébert C, Jobidon R (1998). Physiological and growth responses of three sizes of containerized *Picea mariana* seedlings outplanted with and without vegetation control. *Forest Ecology and Management* 110: 13-23.
- Lavin M, Luckow M (1993). Origins and relationships of tropical North America in the context of the boreotropics hypothesis. *American Journal of Botany* 80: 1–14.
- Lawrence G (1951). Taxonomy of vascular plants. New York:Macmillan Publishing Co., Inc. 1722 págs.
- Leakey R, Last F (1980). Biology and potential of *Prosopis* species in arid environments with particular reference to *P. cineraria*. *Journal of Arid Environment* 3: 9-24.

- Ledesma T, De Bedía G, López C (2008). Productividad de *Prosopis alba* Griseb. en Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1): 5-9.
- Legume Phylogeny Working Group (2017). A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66(1): 44-77.
- Lehner A, Mamadou N, Poels P, Côme D, Bailly C, Corbineau F (2008). Changes in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during ageing in wheat grains. *Journal of Cereal Science* (47): 555-565.
- Ley N° 26432. Boletín Oficial de la República Argentina, Buenos Aires, Argentina, 8 de enero de 2014.
- Li A, Herrera J, Barboza R (1996). Efecto del envejecimiento acelerado sobre la germinación y el vigor de la semilla de China Sultani (*Impatiens wallerana*) en almácigo. *Agronomía Costarricense* (20): 173-180.
- Lima C, Athanázio J, Bellettini N (2006). Germinação e vigor de sementes de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) submetidas ao envelhecimento acelerado. *Semina: Ciências Agrárias* (27): 159-170.
- Llano C, Ugan A, Guerci A, Otaola C (2012). Arqueología experimental y valoración nutricional del fruto de algarrobo (*Prosopis flexuosa*): inferencias sobre la presencia de macrorrestos en sitios arqueológicos. *Intersecciones en antropología* 13(2): 513-524.
- López C (2005). Evaluación de la Variación Genética de Especies del Género *Prosopis* de la Región Chaqueña Argentina para su Conservación y Mejoramiento. En: Norberto C (Ed.). Mejores Árboles para más Forestadores. Buenos Aires: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Pp: 195-203.
- López-Lauenstein D, Vega C, Luna C, Sagadin M, Melchiorre M, Pozzi E, Salto C, Oberschelp G P J, Torales S, Pomponio M, Kees S, Chavez Diaz L, Gómez C, Verga A (2015). Subprograma Prosopis. En: Domesticación y mejoramiento de especies forestales. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Pp: 113-135.
- López-Lauenstein D, Vega C, Ritter R, Venier P, Gómez C, Verga A (2012a). Ensayos de orígenes de *Prosopis alba*. Reunión Nacional del Algarrobo. Córdoba, 15 y 16 de Noviembre de 2012.
- López-Lauenstein D, Fernández M, Verga A. (2012). Respuesta diferenciada a la sequía de plantas jóvenes de *Prosopis chilensis*, *P. flexuosa* y sus híbridos interespecíficos: implicancias para la reforestación en zonas áridas. *Ecología austral* 22(1): 43-52.
- López-Lauenstein D., Luna C, Verga A (2010). Respuesta al estrés hídrico en dos grupos morfológicos de *Prosopis alba*. En: XXVIII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. La Plata, Argentina. Septiembre de 2010.
- Luna C (2010). Automatización de la micropropagación de *Ilex paraguariensis* e *Ilex dumosa*: Estudio del intercambio gaseoso, estado hídrico y fotosíntesis durante las etapas de aclimatación y post-aclimatación. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 175 págs.

- Lupia N, Pérez V R, Hennig A (2008). Análisis de la influencia del sustrato en la producción de *Prosopis hassleri* Harms en vivero. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM – EEA INTA Montecarlo. Eldorado, Misiones, 5 a 7 de Junio de 2008. 8 págs. <http://www.facfor.unam.edu.ar/modules/uploads/2017/03/Trabajos-Voluntarios-JOTEFA-2008.pdf>
- Macías S, Binaghi M, Zuleta A, Ronayne de Ferrer P, Costa K, Generoso S (2013). Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 4(2): 170-188.
- Macías-Rodríguez E, Usca-Méndez J (2017). Use of algarrobo flour (*Prosopis pallida*) in the feeding of rabbits in growth, fattening. *Ciencia Unemi* 10(22): 105-110.
- Madruga de Tunes L, Ciciliano-Tavares L, de Araújo-Rufino C, Fernandes-Vieira J, Dos Santos-Acunha T, Souza-Albuquerque Barros A, Brião-Muniz M (2011). Accelerated aging of onion seeds (*Allium cepa* L.) submitted to saturated salt solution. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* (5): 244-250.
- Mamo N, Mihretu M, Fekadu M, Tigabu M, Teketay D (2006). Variation in seed and germination characteristics among *Juniperus procera* populations in Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 225: 320-327.
- Manzanilla V, Bruneau A (2012). Phylogeny reconstruction in the Caesalpinieae grade (Leguminosae) based on duplicated copies of the sucrose synthase gene and plastid markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65: 149–162.
- Marcos-Filho J, Novembre A D C, Chamma H M C P (2001). Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. *Scientia Agrícola* 58: 421-426.
- Margalef M I, Tóffoli S L, Burgos V E, Campos A, Valdez-Clinis G A, Jiménez M J (2012). Algarroba negra (*Prosopis nigra*): caracterización físicoquímica y elaboración de productos dietéticos. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud - Universidad Nacional de Salta* 1(2): 13-19.
- Márquez-Ramírez J, Mendizábal-Hernández L C, Flores-Romero C I (2005). Variación en semillas de *Quercus oleoides* Schl. et Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7(1): 31-36.
- Martínez D, Barroetaveña C, Rajchenberg M (2007). Influencia del régimen de fertilización y del momento de inoculación en la micorrización de *Pinus ponderosa* en la etapa de vivero. *Bosque (Valdivia)* 28(3): 226-233.
- Martínez-Crovetto R (1964). Estudios etnobotánicos. Nombres de plantas y su utilidad según los indios tobas del este del Chaco. *Bonplandia* 1: 279-333.
- Mbora A, Schmidt L, Angaine P, Meso M, Omondi W, Ahenda J, Lilleso P B, Mwanzia J M, Mutua N A, Mutua Wangu R, Jamnadass R (2009). Tree seed quality guide. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre. 28 págs.
- Méndez-Guzmán M P, Mendizábal-Hernández L, Alba-Landa J (2001). Variación de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov procedentes de dos colectas de una población natural del Estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3: 19-24.

- Mesen F (1994). Selección de especies y procedencias forestales. En: Memorias del curso nacional sobre identificación, selección y manejo de rodales semilleros. Pp: 11-28. <https://books.google.com.ar/books?id=Bd0OAQAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Meskel E, Sinclair F (2000). Growth variability in Senegalese provenance of *Acacia nilotica* spp. tomentosa. *Agroforestry Systems* 48: 207-213.
- Mexal J, Landis T (1990). Target seedling concepts: height and diameter. En: Rose R (Ed.). Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the western forest nursery associations. Roseburg: USDA Forest Service. Pp: 17-34.
- Meyer D, Becker R, Gumbmann M R, Vohra P, Neukom H, Saunders M (1986). Processing, composition, nutritional evaluation, and utilization of Mesquite (*Prosopis* spp.) pods as a raw material for the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 914-919.
- Millán M P, López-Márquez M V, Ramón A N (2016). Obtención de goma de semillas de algarroba (*Prosopis alba*) y su utilización en formulaciones alimenticias. *Diaeta* 34(157): 28-33.
- Mitchel W, Dunsworth G, Simpson D, Vyse A (1990). Planting and Seeding. En: Lavender R, Parish C, Johnson G, Montgomery A, Vyse A, Willis R, Winston D (Eds.). Regenerating British Columbia's Forests. Vancouver: University of British Columbia Press. Pp: 235-253.
- Mohammed G H (1997). The status and future of stock quality testing. *New Forest* 13:491-514.
- Mom M P (2012). Caracterización estructural y propiedades funcionales de las harinas de los frutos de *Prosopis alba* Griseb., *P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart y *P. flexuosa* DC. Desarrollo de un proceso de secado, molienda y mezcla para optimizar la calidad del producto. Tesis Doctoral área Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Argentina. 117 págs.
- Morello J, Crudelli N, Saraceno M (1971). Los Vinalares de Formosa. Buenos Aires: INTA, Serie fitogeográfica No.11. 111 págs.
- Muffler L, Beierkuhnlein G, Aas G, Jentsch A, Schweiger A H, Zohner C, Kreyling J (2016). Distribution ranges and spring phenology explain late frost sensitivity in 170 woody plants from the Northern Hemisphere. *Global Ecology and Biogeography* 25: 1061-1071.
- Munsell (2018). Official Site of Munsell Color ©. <http://munsell.com/sitemap/>
- Munsell Color (1975). Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland: Munsell Color ©
- Murley M R (1951). Seeds of the Cruciferae of Northeastern North America. *American Midland Naturalist* 46(1): 1-81.
- Naranjo C, Poggio L, Zeiger S (1984). Phenolchromatography, morphology and cytogenetics in 3 species and natural hybrids of *Prosopis* (leguminosae-mimosoideae). *Plant Systematics and Evolution* 144: 257-276.

- Navall M, Ewens M, Senilliani G, Lopez C (2015). Efectos de la poda en plantaciones jóvenes de *Prosopis alba* Griseb en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho* 23(1-2): 77-91.
- Navarro R, Del Campo A. (2005). Evaluación de la calidad de lotes comerciales de encina (*Quercus ilex* L. subs. *ballota* (Desf.) Samp.) y acebuche (*Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot.): tres años de ensayos. Actas del IV Congreso Forestal Español. Zaragoza, 26 al 30 de Septiembre de 2005. 7 págs. http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/16191
- Navarro R, Palacios G (2004). Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. *Cuadernos de la SECF* 17: 199-204.
- Navarro-Boulandier M, Febles-Pérez G J (2000). Manual metodológico: Evaluación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. Cuba: Editorial Universitaria. 46 págs.
- Norghauer J, Glauser G, Newbery D (2014). Seedling resistance, tolerance and escape from herbivores: insights from co-dominant canopy tree species in a resource-poor African rain forest. *Functional Ecology* 28(6): 1426-1439.
- Núñez-Colín C A, Escobedo-López E (2014). Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria* 1(1): 1-6.
- Núñez-Colín C A, Valadez-Moctezuma E (2010). Análisis estadístico de huellas genómicas, un uso práctico de los paquetes computacionales más populares. Libro Científico Núm. 1. Celaya, México: Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. 103 págs.
- Missouri Botanical Garden (2016). <http://www.tropicos.org/Name/40016475>
- O'Brien E, Mazanec R, Krauss S (2007). Provenance variation of ecologically important traits of forest trees: implications for restoration. *Journal of Applied Ecology* 44: 583-593.
- Ocampo T L (2011). Ficha Técnica Sistemas Silvopastoriles. México: Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de desarrollo rural - Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. 8 págs.
- Ochoa de Cornelli M J (1996). A review of the Social and Economic Opportunities for *Prosopis* (Algarrobo) in Argentina. En: Felker P, Moss J (Eds.). *Prosopis: Semiarid Fuelwood and Forage Tree Building Consensus for the Disenfranchised*. U.S. National Academy of Sciences Building. Washington, DC. 13-15 Marzo 1996.
- Oduol P, Felker P, Mckinley C, Meier C (1986). Variation among Selected *Prosopis* Families for Pod Sugar and Pod Protein Contents. *Forest Ecology and Management* 16: 423-431.
- Oliet J (2000). La calidad de la postura forestal en vivero. Córdoba, España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. 93 págs.

- Oliveira A (1998). The H/D ratio in maritime pine (*Pinus pinaster*) stands. En: Ek A, Shifley S, Burk T (Eds.). Proceedings of the IUFRO Conference Forest Growth modelling and prediction. Minneapolis: IUFRO. Pp: 881-888.
- Ortega-Lasuen U, Kindelman A, de Oliveira D, Hevia-Cabal A, Alvarez-Ron E, Majada-Guijo J P (2006). Control de calidad de planta forestal. *Boletín informativo del SERIDA* 3: 23-28
- Palacios R (2006). Los Mezquites Mexicanos: Biodiversidad y Distribución Geográfica. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 41 (1-2): 99-121.
- Palacios R, Bravo L (1981). Hibridación natural en *Prosopis* (Leguminosae) en la Región Chaqueña Argentina. Evidencias morfológicas y cromatográficas. *Darwiniana* 23: 3-35.
- Palacios R, Brizuela M (2005). Fabaceae, parte 13. Subfam. II. Mimosoideae, parte 4. Tribu VI. Mimoseae, parte B. *Prosopis* L. En: Anton A M, Zuloaga F O (Eds.). *Flora Fanerogámica Argentina - Vol. 92*. Pp: 3-25.
- Palacios R, Brizuela M (2005b). *Prosopis*: Historia y elementos para su domesticación. *Agrociencia* 9(1-2): 41-51.
- Palou-Medina F P (1949). Sobre la determinación de la procedencia de las semillas. Hojas divulgadoras N° 34 del Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente de España. 4 págs.
- Pasiecznik N, Felker P, Harris P, Harsh L, Cruz G, Tewari J, Cadoret K, Maldonado L (2001). The *Prosopis juliflora* - *Prosopis pallida* Complex: A Monograph. Coventry, UK: HDRA. 172 págs.
- Pasiecznik N, Harris P, Smith S (2004). Identifying tropical *Prosopis* species: a field guide. Coventry, UK: HDRA. 30 págs.
- Peña D (2002). Análisis de datos multivariantes. Madrid: Mc Graw-Hill. 515 págs.
- Pérez V R (2012a). Manual de buenas prácticas forestales en forestaciones de algarrobo
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnpbZvcmlhY2lvbnBhcnF1ZWNoYXF1ZW5vfGd4OjZhNTA1ZGU3ZjU0MmJhNmY>
- Pérez V R (2012b). Raleo en forestación de algarrobo.
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnpbZvcmlhY2lvbnBhcnF1ZWNoYXF1ZW5vfGd4OjI0YjM0MmMzZWYwMmWlONTc>
- Pérez V R, Vicentini G M, Rhiner G R (2016). Calidad de sitio y manejo de forestaciones de *Prosopis alba* en Formosa. PIA 10097. En: Marcos G, Álvarez G, Llavallol C (Eds.), Investigación Forestal 2011-2015. Los proyectos de investigación aplicada Vol 1, 1° ed. Silvicultura y Manejo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. ISBN 978-987-1873-39-5. Pp: 230 – 233.
- Pérez V, Rodríguez H (2016). Producción de plantines de calidad de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schldl. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias,

Universidad Nacional de Córdoba. 37 págs.
<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4146/Perez%20-%20Rodr%C3%ADguez.%20Producci%C3%B3n%20de%20plantines%20de%20calidad%20de%20Aspidosperma...%20%20.pdf?sequence=1>

- Perry G (1998). *Prosopis*. *Flora of Australia* 12: 7-13.
- Poggio L, Espert S, Fortunato R (2008). Citogenética evolutiva en leguminosas americanas. *Rodriguésia* 59(3): 423-433.
- Poorter H, De-Jong R (1999). A comparison of specific leaf area, chemical composition and leaf construction costs of field plants from 15 habitats differing in productivity. *New Phytologist* 143: 163-176.
- Poorter L, Bongers L, Bongers F (2006). Architecture of 54 Moist-Forest tree species: Traits, trade-off, and functional groups. *Ecology* 87(5): 1289-1301.
- Popinigis F (1975). Qualidade fisiológica de sementes. *Semente* 1(1): 65-80.
- Pozzi-Tay E (2016). Simbiosis en *Prosopis alba* como estrategia para la mejora de su tolerancia a estrés hídrico. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Carrera de Ciencias Biológicas. 28 págs.
- Prantl K, Engler A (1897). Die Natürlichen Pflanzenfamilien, nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten, insbesondere den Nutzpflanzen, unter Mitwirkung zahlreicher hervorragender Fachgelehrten begründet von A. Engler und K. Prantl. Leipzig: Englemann. 502 págs.
- Prantl K, Engler A (1924). Die Natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten insbesondere den Nutzpflanzen. 2. verm. und verb. Aufl. / Leipzig: W. Engelmann. 500 págs.
- Prieto-Ruiz J, Rosales-Mata S, Sigala-Rodríguez J, Madrid-Aispuro R, Mejía-Bojorques J (2013). Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Wild.) MC Johnston con diferentes mezclas de sustrato. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(20): 50-57.
- Prieto-Ruiz J, Vera C, Merlín B (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. *Folleto Técnico No. 12. Primera reimpresión*. Durango, México: AGARPA - INIFAP - Campo Experimental Valle del Guadiana. 14 págs.
- Prokopiuk D B (2004). Sucedáneo del café a partir de algarroba (*Prosopis alba* Griseb.). Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Alimentos. España. 104 págs.
- Prokopiuk D B, Cruz G, Grados N, Garro O, Chiralt A (2000). Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. *Multequina* 9: 35-45.
- Puttonen P (1997). Looking for the "silver bullet"-can one test do it all? *New Forests* 13: 9-27.
- Quiroz I, García E, González M, Chung P, Soto H (2009). Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Chile: Infor -Centro Tecnológico de la planta forestal. 128 págs.

- R Development Core Team (2018). The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez-Morales S V, Orozco-Cardona A F (2010). Maduración del fruto y morfometría de semillas de *Genipa americana* L. en el departamento del Quindío. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío* 21: 73- 81.
- Reich P, Tjoelker M, Walters M, Vanderklein D, Buschena C (1998). Close association of RGR, leaf and root morphology, seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. *Functional Ecology* 12: 327-338.
- Rhymer J, Simberloff D (1996). Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 83-109.
- Richards L (1980). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: manual N° 60. México: Editorial Limusa. 172 págs.
- Ritchie G A, Landis T D, Dumroese R K, Haase D L (2010). Assessing plant quality. En: Landis T D, Dumroese R K, Haase D L (Eds.). Seedling processing, storage, and outplanting. The container tree nursery manual. Agriculture handbook 674, vol 7. Washington DC: USDA Forest Service. Pp: 17–82.
- Roig F (1993). Informe Nacional para la Selección de Germoplasma en Especies del Género *Prosopis* de la República Argentina., en IADIZA. Contribuciones Mendoquinas a la Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID. Conservación y Mejoramiento de Especies del Género *Prosopis*. IADIZA-CRICYT-CIID, Mendoza, Argentina. Pp 1-36.
- Romero-Saritama J, Pérez-Ruiz C (2016). Rasgos morfológicos de semillas y su implicación en la conservación ex situ de especies leñosas en los bosques secos tumbesinos. *Ecosistemas* 25(2): 59-65.
- Rozycki, V.; Baigorria, C.; Bernardi, C.; Zannier, M.; Osella, C. 1998. Optimización de Molienda de Frutos de *Prosopis alba* y Ensayos de Panificación. En: Simposio Iberoamericano sobre Proteínas para Alimentos. Buenos Aires, 1996. Pp: 113-127.
- Rubilar R, Fox T, Allen L, Albaugh T, 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.
- Rueda-Sánchez A, Benavides-Solorio J, Prieto-Ruiz J, Sáenz-Reyez J, Orozco-Gutiérrez G, Molina-Castañeda A (2012). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista mexicana de ciencias forestales* 3(14): 69-82.
- Rusconi C (1962). Poblaciones Pre y Post Hispánicas de Mendoza. Vol. 1: Etnografía: Antecedentes; El ocaso Huarpe; Número de aborígenes; Medios de locomoción; artes y artesanías; Utensilios, vestimenta y alimentación; ritos; música; motivos decorativos. Mendoza: Imprenta Oficial. 750 págs.
- Rzedowski J (1988). Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. *Acta Botánica Mexicana* 3: 7-19.

- Sabattini J (2017). Impacto de hormigas cortadoras de hojas en ecosistemas implantados de Sudamérica. Universidad Nacional del Nordeste. Especialización en Manejo de Recursos Forestales. 73 págs.
- Sáenz R C (2004). Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. En: Vargas-H J, Bermejo-V B, Ledig F (Eds.), Manejo de Recursos Genéticos Forestales, 2° ed. Zapopan, Jalisco: Colegio de Postgraduados, Montecillo (México) y Comisión Nacional Forestal. Pp: 73-86.
- Sáenz R, Villaseñor R, Muñoz F, Rueda S, Prieto R (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. *Folleto Técnico No. 17*. México: SAGARPA – INIFAP - CIRPAC. 52 págs.
- Saidman B O (1985). Estudio de la variación alozímica en el género *Prosopis*. PhD thesis, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 231 págs.
- Saidman B O (1986). Isoenzymatic studies of alcohol dehydrogenase and glutamate oxalacetate transaminase in four South American species of *Prosopis* and their natural hybrids. *Silvae Genetica* 35: 3-10.
- Saidman B O (1990). Isozyme studies on hybrids swarms of *Prosopis caldenia* and sympatric species. *Silvae Genetica* 39: 5-8.
- Saidman B O, Bessega C, Ferreyra L, Julio N, Vilardi J C (2000). Evolutive and poblational studies in the genus *Prosopis* using biochemical and molecular markers. *Multequina* 9 (2): 81-93.
- Saidman B O, Vilardi J C (1987). Analysis of the genetic similarities among seven species of *Prosopis* (Leguminosae: Mimosoideae). *Theoretical and Applied Genetics* 75(1): 109-116.
- Saidman B O, Vilardi J C, Montoya S, Dieguez M J, Hopp H E (1998). Molecular markers: A tool for the understanding of the relationships among species of *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoidae). En: Puri S (Ed.). *Tree Improvement: Applied Research and Technology Transfer*. New Hampshire, USA: Science Publishers Inc. Chapter 21. Pp: 311-324.
- Saidman B O, Vilardi J C, Pocoví M I, Acreche N (1996). Isozyme studies in Argentine species of the Section Strombocarpa, Genus *Prosopis* (Leguminosae). *Journal of Genetics* 75: 139-149.
- Salazar R (1989). Genetic variation of 16 provenances of *Acacia mangium* at nursery level in Turrialba Costa Rica. *The Commonwealth Forestry Review* 68: 263-272.
- Salto C, García M, Harrand L (2013). Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*. *Quebracho* 21(1,2): 90-102.
- Salto, C (2011). Variación genética en progenies de polinización abierta de *Prosopis alba* Griseb. de la región Chaqueña. Tesis presentada como requisito para la obtención del Grado Académico de magister en genética vegetal. Maestría en Genética Vegetal - Área de mejoramiento genético. Universidad Nacional de Rosario. 97 págs.

- Sánchez J A, Montejo L, Hernández M (2013). Efectos del tamaño de semilla y la herbivoría sobre el establecimiento de plántulas arbóreas en diferentes suelos. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* 3(2): 1-29.
- Sánchez-Enríquez G, Ramos-Martínez E, Durán-Hernández D, Lazcano-Ramírez H, Gutiérrez G (2008). Estudios bioquímicos y fisiológicos sobre la calidad biológica de la semilla de maíz azul. Actas V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica- XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica y VI Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular. Distrito Federal, México. 16 págs.
- Santelices-Moya R, Navarro-Castillo R M, Drake-Aranda F (2009). Caracterización del material forestal de reproducción de cinco procedencias de *Nothofagus alessandrii* Espinosa, una especie en peligro de extinción. *Interciencia* 34(2): 113-120.
- Scambato A A, Echeverría M, Sansberro P, Ruiz O A, Menéndez A B (2011). Glomus intraradices improved salt tolerance in *Prosopis alba* seedlings by improving water use efficiency and shoot water content. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 22(4): 285-289.
- Schmidt-Vogt H (1980). Characterization of plant material. IUFRO Meeting, Working Group S 1.05-04. Berlin, Alemania: Waldbau-Institut der Universität Freiburg. 191 págs.
- Sciammaro L P (2015). Caracterización fisicoquímica de vainas y harinas de algarrobo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 273 págs.
- Secretaría de Política Económica del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación (2009). Plan de Competitividad del Conglomerado Productivo de Muebles de Madera del Chaco. 52 págs.
- Seitz R A (1995). Manual de poda de especies arbóreas florestais. Curitiba: FUPEF-Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 56 págs.
- Shu-Yan M (2010). Study on Seed Vigor of *Pinus flexilis* James [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* 4: 2130-2132.
- Silva J, Nakagawa J (1995). Estudo de Fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. *Informativo Abrates* 5: 62-73.
- Silva K B (2015). Qualidade fisiológica de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult) Penn. classificadas pelo tamanho. *Revista Brasileira de Biociências* 13(1): 1-4.
- Simpson B B (1977). Mesquite, its biology in two desert scrub ecosystems. Stroudsburg, Pennsylvania, USA: Dowden, Hutchinson and Ross. 250 págs.
- Singh B, Bhatt B (2008). Provenance variation in pod, seed and seedling traits of *Dalbergia sissoo* Roxb., Central Himalaya, India. *Tropical Agricultural Research & Extension* 11: 39-44.
- Singh B, Bhatt B, Prasad P (2006). Variation in seed and seedling traits of *Celtis australis*, a multipurpose tree, in Central Himalaya India. *Agroforestry systems* 67: 115-122.

- Singh B, Saklani K P, Bhatt B P (2010). Provenance variation in seed and seedlings attributes of *Quercus glauca* Thunb. in Garhwal Himalaya, India. *Dendrobiology* 63: 59–63.
- Singleton V (1981). Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in foods. *Advances in Food Research* 27: 149- 242.
- Sociedad Española de Ciencias Forestales (2005). Diccionario Forestal. España: Mundi-Prensa Libros. 1314 págs.
- Solbrig O, Bawa K (1975). Isozyme variation in species of *Prosopis* (Leguminosae). *Journal of the Arnold Arboretum* 56: 398-412.
- Solbrig O, Bawa K, Carman N, Hunziker J, Naranjo J, Palacios R, Poggio L, Simpson B (1977). Patterns of variation. En: Simpson B B (Ed.). *Mesquite, Its Biology in Two Desert Ecosystems*. Stroudsburg, Pennsylvania, USA: Dowden, Hutchinson and Ross. Pp: 44-60.
- Solbrig O, Cantino P (1975). Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum* 56: 185-210.
- Sorensen F, Miles R (1978). Cone and seed weight relationship in Douglas-Fir from western and central Oregon. *Ecology* 59(4): 641-644.
- Sosa G, Carrillo N, Ceccarelli E, Useglio M, Lagorio S (2017). Un método para el control de malezas y plagas en cultivos vegetales. Patente WO2009115632A1. Priority date 2008-03-17.
- Sosa-Méndez J (2004). Efecto de la deshidratación sobre la germinación de semillas de caimito (*Chrysophyllum cainito* L.) y jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Universidad de Zamorano, Honduras. 12 págs.
- South B, Harris S, Bernett J, Hains M, Gjerstad D (2005). Effect of container type and seedlings size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management* 204: 385-398.
- South D (2000). Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. Forestry and Wildlife Research Series N° 1. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station. 18 págs.
- South D B, Rose R W, McNabb K L (2001). Nursery and site preparation interaction research in the United States. *New Forests* 22: 43-58.
- Souza M, Fagundes M (2014). Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorfii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences* 5: 2566-2573.
- Steibel J, Troiani H (1999). El género *Prosopis* (Leguminosae) en la provincia de La Pampa (República Argentina). *Revista Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de La Pampa* 10(2): 25-48.
- Styles B T (1979). La población base. En: Burley J, Wood P J (Eds.). *Manual sobre investigaciones de especies de procedencias con referencia especial a los trópi-*

cos. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. Pp: 15-48.

- Taleisnik E, López-Launestein D (2011). Leñosas perennes para ambientes afectados por salinidad. Una sinopsis de la contribución argentina a este tema. *Ecología Austral* 21: 3-14.
- Tapia-Pastrana F, Mercado-Ruaro P, Monroy-Ata A (1999). Cambios en la longitud cromosómica total en tres poblaciones de *Prosopis laevigata* (Fabaceae). Implicaciones genecológicas y evolutivas. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 70(1): 13-28.
- Templeton A R (1989). The meaning of species and speciation: a genetic perspective. En: Otte D, Endler J A (Eds.). *Speciation and its consequences*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc. Pp: 3–27.
- Tenorio-Galindo G, Rodríguez-Trejo D A, López-Ríos G (2008). Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia* 42(5): 585-593.
- Thompson B (1985). Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. En: Duryea M (Ed.). *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Corvallis (Oregon): Oregon State University. Pp: 59-71.
- Toral M (1997). Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico N°1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco, SEDER-Fundación Chile. México: Consejo Agropecuario de Jalisco. 28 págs.
- Tortorelli L A (2009). Maderas y bosques argentinos - Segunda edición actualizada. Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica Editora. 515 págs.
- Toumey J, Korstian J (1954). Siembra y plantación en la práctica forestal. Buenos Aires: Ed. Suelo Argentino. 480 págs.
- Traskauskas C P, Glibota G S, Camprubi G E (2001). Comparación de productos derivados de la chaucha de algarrobo con sus sustitutos de mercado como evaluación inicial para un proyecto productivo. En: Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, SECYT, UNNE. Corrientes, Octubre de 2001. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2001/7-Tecnologicas/T-069.pdf>
- Trenchard L, Harris P, Smith S, Pasiecznik N (2008). A review of ploidy in the genus *Prosopis* (Leguminosae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 156(3): 425-438.
- Trujillo N (2005). Semillas forestales mejoradas para reforestación en Colombia. *Revista MM* (48): 21-27.
- Turc C, Cutter B (1984). Sorption and Shrinkage Studies of Six Argentine Woods. *Wood and Fiber Science* 16(4): 575-582.
- Valdora E, Jáimez C (2000). Propuesta de forestación con *Prosopis alba* en la región árida de Tucumán, Argentina. *Multequina* 9: 155-160.

- Vega C, Cosacov A, Acosta C, Verga A (2015). Caracterización del complejo *Prosopis alba* - *P. hassleri* por medio de caracteres morfológicos. Reunión Argentina de Biología Evolutiva. Valle Hermoso, Córdoba, 6-8 Julio de 2015 http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=42500&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=5602433
- Vega M, Hernandez P (2005). Molecular evidence for natural interspecific hybridization in *Prosopis*. *Agroforestry Systems* 64: 197–202.
- Venier P, Cosacov A, López-Lauenstein D, Vega C, Verga A (2013). Impacto del cambio climático sobre la distribución de *Prosopis hassleri* y *P. alba* en la región Chaqueña. *Produccion forestal* 7(3): 35-38.
- Venier P, Ferreras A, Verga A, Funes G (2015). Germination traits of *Prosopis alba* from different provenances. *Seed Science and Technology* 43(3): 548-553.
- Verga A (2005a). La hibridación: Proceso clave para la evolución de complejos de especies y determinantes para implementar estrategias de uso y conservación. BAG, Basic and Applied Genetics. Revista de la Sociedad Argentina de Genética. Actas del XXXIV Congreso Argentino de Genética. Septiembre de 2005. ISSN BAG, 1666-0390.
- Verga A (2005b). Recursos genéticos, mejoramiento y conservación de especies del género *Prosopis*. En: Norverto C A (Ed.). Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de propagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo. Buenos Aires: Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires. Pp: 205-222. <http://64.76.123.202/new/0-0/forestacion/archivos/biblioteca/verga.pdf>.
- Verga A (2014). Rodales semilleros de *Prosopis* a partir del bosque nativo. *Quebracho* 19(1,2): 125-138.
- Verga A, López-Lauenstein D, López C, Navall M, Joseau J, Gómez C, Royo O, Degano W, Marcó M (2009). Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Quebracho* 17(1,2): 31-40.
- Vicentini G M, Pérez V R, 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. Córdoba, 15 y 16 de Noviembre de 2012.
- 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* (Mimosaseae), cultivados bajo invernadero. *Revista Investigación Agraria, Sistemas y recursos Forestales* 5(1): 45-55.
- Vilela A, Palacios R (1997). Adaptive features in leaves of South American species of the genus *Prosopis* (Leguminosae; Mimosoideae). *Bulletin of the International Group for Study of Mimosoideae* 20: 62-70.
- Villagra P (2000). Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina* 9(2): 35-51.

- Villagra P, Morales M S (2003). Dendroecology of *Prosopis* woodlands in the Argentine arid zone. *IANIGLA* 1973-2002: 53-57.
- Villagra P, Morales M, Villalba R, Boninsegna J (2002). Dendroecología de los algarrobales de la zona árida Argentina. En: *IANIGLA*, 30 años de investigación básica y aplicada en ciencias ambientales. Buenos Aires, Argentina: Ed. Cliwarda. Pp: 53-57.
- Villagra P, Vilela A, Giordano C, Álvarez J (2010). Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments?. En: Ramawat K G (Ed.). *Desert Plants. Biology and Biotechnology*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag. Pp: 322-354.
- Villar-Salvador P (2003). Importancia de la calidad de la planta en los proyectos de revegetación. En: Rey-Benayas J, Espigares-Pinilla T, Nicolau-Ibarra J (Eds.). *Restauración de Ecosistemas en Ambientes Mediterráneos*. España: Universidad de Alcalá/Asociación Española de Ecología Terrestre. Pp: 65-86.
- Villaverde R, Acosta N (2013). *Oncideres* spp. "Corta palos", "Serrucho". Ficha Técnica - Sanidad Forestal. Plagas, nº 4. Área Sanidad Forestal – Dirección de Producción Forestal – MAGyP. 7 págs.
- Walters D, Keil D (1996). *Vascular plant taxonomy* (4th ed.). Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Pub. Co. 608 págs.
- Wang B, Downie B, Wetzel S, Palamarek D, Hamilton R (1992). Effects of cone scorching on germinability, and vigour of lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) seeds in Alberta. *Seed Science and Technology* (20): 409-419.
- Westoby M (1998). Leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and soil* 199: 213-227.
- White T, Adams T, Neale D (2007). Tree improvement programs. En: White T, Adams T, Neale D (Eds.) *Forest genetics*. USA: CABI Publishing. Pp: 285-302.
- Wright J (1976). *Introduction to forest genetics*. New York: Academic Press. 463 págs.
- Zobel B, Talbert J (1992). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. México DF, México: Limusa. 545 págs.
- Zuleta A, Binaghi M J, Greco C B, Aguirre C, De la Casa L, Tadini C, Ronayne de Ferrer P A (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista chilena de nutrición* 39(3): 58-64.
- Zurloaga F O, Morrone O, Belgrano M J (2008). *Flora de la República Argentina. Catálogo de plantas vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay)*. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press. 3486 págs.