

MINUTA TECNICA

Situación planteada por Consejo de Pueblos Atacameños

Divergencias en las características morfológicas entre *Prosopis* spp. (*Prosopis flexuosa* y/ o *Prosopis alba*) serian relevantes para planificar Programa de conservación genética de la especie de algarrobo presente en el sector de Camar.

En carta CPA N°351/2021 de 8 de septiembre de 2021, se indica en p. 7 lo siguiente:

“En el informe de seguimiento ambiental N°13 de abril de 2019 y en el documento en línea Minuta de verificación del Programa de cumplimiento, abril 2019. SQM-Salar, informa que después de 14 años de muestreos, la población de Algarrobos localizadas en el sector del pozo Camar 2, NO corresponde a *Prosopis flexuosa*, si no a *Prosopis alba*, dato proporcionado por el especialista de INIA-Vicuña, Sergio Ibañez Browne””.

Introducción:

La similitud morfológica entre especies cercanas y la gran variabilidad morfológica entre *Prosopis* spp. dificulta a menudo la determinación de la identidad taxonómica.

Existen variadas hipótesis acerca de este fenómeno que han sido estudiados especialmente en Chile y Argentina debido a la presencia de especies y variedades en común, así como probables híbridos.

En los oasis de Atacama no está clara la taxonomía de *Prosopis*, pero al parecer *Prosopis alba* sería la especie predominante (Mc Rostie 2014, Luebert & Pliscoff, 2018)

El género *Prosopis* L. emend. Burkart pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae), subfamilia Mimosoideae. Los taxones de *Prosopis* reconocidas recientemente en el Catálogo de las plantas Vasculares de Chile (Rodriguez et al 2018) corresponden a seis especies y una variedad, las cuales de acuerdo con la propuesta taxonómica de Burkart (1976) pertenecen a dos secciones del género: Sección Strombocarpa, serie Strombocarpae: *P. strombulifera*, *P. burkartii*; Serie Cavernicarpae: *P. tamarugo* y Sección Algarobia , Serie Chilenses: *Prosopis alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa* var. *flexuosa* y *P. flexuosa* var. *fruticosa* (Burkart, 1976)

De acuerdo a Rodriguez et al, (2018), en la Región de Antofagasta están presentes: *P. alba*, *P. chilensis*, *P. flexuosa* var. *flexuosa*, *P. strombulifera* y *P. tamarugo*.

Cuadro N°1 Especies de *Prosopis* citados para Chile y para la región de Antofagasta **
(Rodriguez et al, 2019)

Sección Algarobia Serie Chilenses	Sección Strombocarpa Serie Strombocarpae
<i>Prosopis alba</i> **	<i>Prosopis burkartii</i> +
<i>Prosopis chilensis</i> **	<i>Prosopis strombulifera</i> **
<i>Prosopis flexuosa</i> var. <i>flexuosa</i> **	Sección Strombocarpa Serie Cavernicarpae
<i>Prosopis flexuosa</i> var. <i>fruticosa</i>	<i>Prosopis tamarugo</i> **

Diversos especialistas proponen la presencia de otras especies y variedades presentes en Chile que incrementan la confusión y dificultad en la identificación de los ejemplares, por ejemplo:

En la Nómina de especies clasificadas según estado de conservación en Chile actualizado 16to Proceso RCE (Listado de Especies Clasificadas desde el 1º al 16º Proceso de Clasificación RCE (actualizado a agosto de 2021 <https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>) se han mencionado y asignado categorías de conservación a especies de *Prosopis* que no están válidamente confirmadas actualmente en el catálogo de la Flora Vascular de Chile, ya que incluyen a *Prosopis alpataco* y *Prosopis reptans* como especies Vulnerables en ambos casos (DS 13/2013). En las propuestas de taxones en estado de conservación no se mencionan las categorías infra específicas (variedades, formas) y cubren toda la extensión de su distribución geográfica.

Para la situación local de *Prosopis* en Camar, los ejemplares de algarrobos han sido confundidos o asociados inicialmente a *Prosopis flexuosa* (2006¹), especie que estaría presente en los oasis y ambientes naturales de la zona, y posteriormente se ha determinado por especialistas que los ejemplares presentes en Camar 2 corresponden a *Prosopis alba* (2019² y 2020³).

Ambas especies coexisten en forma natural en la región y son muy cercanas taxonómicamente ya que pertenecen a la misma sección y serie del género *Prosopis*, siendo *P. alba* la especie dominante en los bosques espinosos tropicales del Norte de Chile junto a *Prosopis tamarugo*, *P. flexuosa*, *Geoffroea decorticans* (chañar) entre otras (Luebert & Pliscoff, 2018)

En este contexto y para efectos de analizar si las divergencias entre las características morfológicas de *Prosopis flexuosa* y/ o *Prosopis alba* serían relevantes para planificar en un Programa de conservación genética de la especie de algarrobo presente en el sector de Camar, es importante considerar el concepto de Procedencia de las poblaciones de algarrobos locales.

A pesar de que las especies de árboles están constituidas por poblaciones repartidas en una amplia extensión geográfica, cada población local está en relación directa con sus factores ambientales y culturales cuya influencia determina una mayor o menor adaptación (Gajardo, 1995).

Se considera que los caracteres morfológicos, fenológicos, germinación y de cultivo que permitirán desarrollar dicho plan pueden ser seleccionados y recogidos en el muestreo y colecta de germoplasma local incluyendo la variabilidad propia de la especie en forma natural, reconocidos en estudios y por la propia comunidad atacameña (reconociéndola variabilidad entre tipos de frutos y usos, tamaño de las espinas, hojas etc)

Prosopis alba comúnmente llamado “Algarrobo blanco” “Yali”, “Algarrobo de Canchones” presenta en Chile las 2 variedades var. *alba* y var. *panta* y una forma local denominada “atacamensis” no reconocida taxonómicamente en la actualidad sino como sinónimo de *Prosopis alba* (Burkart,

¹ Estudio de Impacto Ambiental Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama (presentado al SEIA 2004)

² Reporte de actividades de colecta de la población de *Prosopis* en la Quebrada de Camar (INIA)

³ Estudio de Impacto Ambiental Actualización de Plan de Alerta Temprana y Seguimiento Ambiental Salar de Atacama (presentado al SEIA 2020)

Rodriguez et al. 1983, Zuloaga et al, 2009, Rodríguez et al 2019) por lo tanto incluye sus características dentro de la descripción.

Entre los caracteres morfológicos relevantes de *P. alba*, destaca la presencia de espinas pequeñas, hojas caducas con 25- 50 foliolulos lineares, legumbres de forma variable: rectas, falcadas a semicirculares de márgenes paralelos y sección plana, artejos o segmentos que envuelven la semilla son blandos. Las semillas, muy duras, son diseminadas por los animales que apetecen sus frutos En condiciones normales presenta rápido crecimiento y dominancia del eje principal.

Espece	Características Morfológicas	Observaciones
<i>P. alba</i> var. <i>alba</i>	25-50 foliolulos pequeños glabros , subcoriáceos, de ápice agudo, espinas escasas a nulas, peciolo verdes, fruto amarillo	Especie nativa, cultivada desde antiguo probablemente en periodo precolombino. (Burkart, 1976, Palacios & Brizuela 2005, Rodríguez et al,1983)
<i>P. alba</i> var. <i>panta</i>	36-42 foliolulos más o menos pubescentes , peciolo rojizos, fruto recto , violáceo-negro, más pulposos que <i>P. alba</i> var. <i>alba</i> .	Probablemente introducido por sus largos frutos dulces 1874 (Mac Rostie et al, Galera M. 2001)
<i>P. alba</i> “atacamensis”	25-36 foliolulos con ápice romo, sin espinas en estado adulto, fruto curvado en S.	Forma local de algunos ejemplares en la zona de San Pedro de Atacama descrita por Philippi, esta sinonimizado como <i>P. alba</i> (Burkart, 1976, Rodríguez et al. 2018)



Prosopis alba Griseb. Ejemplar 152865 del Herbario SGO del Museo Nacional de Historia Natural, colectado en Quillagua, Región de Antofagasta. (Foto: M.T. Serra)

Prosopis alba Griseb. nativa de zonas áridas de Chile, Bolivia; Perú, Argentina, Paraguay; constituye una especie arbórea pionera, heliófila, adaptada a condiciones de climas áridos y semiáridos con suelos salinos y degradados, es considerada rústica, tiene una gran plasticidad, y soporta condiciones extremas de humedad y temperatura (Galera, 2000, Bessega et al., 2018).

Prosopis alba es polinizado por insectos es decir se puede polinizar con polen de otro ejemplar y esto hace que las semillas de un mismo árbol madre o semillero puede tener una alta probabilidad de padres masculinos, resultando una amplia variabilidad morfológica entre la progenie, la que se puede recoger a nivel local (Felker, 2001)

Prosopis flexuosa DC “algarroba”, es un árbol de fuste ramificado, presenta espinas de 3-4 cm de long. a diferencia de *P. alba* que es inermis o presenta espinas reducidas. Legumbre amarilla con tintes violáceos oscuros, de sección redondeada con artejos muy duros, para extraer la semilla deben cortarse con un cortaúñas. Es característica la vaina estrangulada entre los artejos como rosario. Semillas longevas de latencia prolongada. Especie nativa de Chile, Bolivia y Argentina de

menor frecuencia que *P. alba*, presenta 2 variedades en Chile Var flexuosa de carácter arboreo y var. fruticosa arbustiva, distribuidas entre la región de Tarapacá hasta Coquimbo. Se encuentra presente en varios pueblos atacameños en las cercanías de San Pedro de Atacama (Mac Rostie , 2014)

Ambas especies son muy próximas y especialmente parecidas en estado vegetativo. Se ha documentado la alta habilidad de hibridarse entre las especies de la Serie Chilenas: *Prosopis alba*, *P. chilensis*, *P. nigra* pertenecientes a la misma Sección Algarobia, (Palacios & Bravo 1981) de polinización cruzada o alógama por insectos (Felker, 2001).

Así mismo presentan alta similitud morfológica y pueden presentar distribuciones parcialmente superpuestas (Palacios & Bravo, 1981, Joseau et al 2005). *P. flexuosa*, *P. alba* y *P. chilensis* constituyen un grupo de especies que hibridan y se comportan como un complejo de especies que se mantiene aislado reproductivamente de otros grupos similares (Joseau et al. 2005)



Prosopis flexuosa DC, en Ficha de Antecedentes de la especie presentada al Noveno Proceso de Clasificación de Especies según RCE (2012). Sin datos de colecta.
(https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/10/Prosopis_flexuosa.pdf)



Prosopis flexuosa DC, Muestra del Herbario Royal Botánica Garden Edimburgh. Colectada en la prov. De San Luis. República Argentina.

Prosopis spp al igual que otras especies que habitan en zonas desérticas han desarrollado una serie de adaptaciones anatómicas, estructurales, bioquímicas y fisiológicas que les permiten mantener un balance adecuado de agua y temperatura, lo que sugiere una convergencia evolutiva, e incluyen ajustes fenológicos asociados a la disponibilidad de agua. Normalmente las especies de algarrobos y sus poblaciones se encuentran asociadas, integrando un complejo local adaptado, en su conjunto, a las distintas condiciones del ambiente que ocupan (Verga, 2013).

Comentarios:

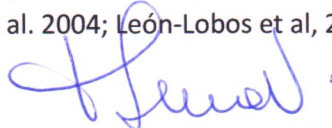
En mi opinión la afinidad taxonómica y genética entre las especies arbóreas de *Prosopis* mencionadas, que corresponden a la misma sección y serie taxonómica, presentan grandes similitudes que permiten la aplicación del mismo Programa de Conservación previsto.

Comparten formas de vida, preferencias de hábitats, estrategias reproductivas: flores hermafroditas, zoófilas, de polinización cruzada, legumbres con numerosas semillas ortodoxas con largos periodos de latencia, con estrategias y protocolos de propagación y de plantación aplicados a nivel internacional para algarrobos. Se recomienda ajustar la época de colecta de frutos y semillas ya que pueden variar según condiciones ambientales.

Las formaciones naturales de algarrobos presentes en la localidad de Camar corresponden a poblaciones locales adaptadas a las condiciones ambientales particulares que capturan la variabilidad fenotípica y genotípica de los ejemplares individuales. Constituyen la procedencia local de germoplasma.

La variabilidad en estructuras tales como frutos, espinas, hojas, etc presentes en las poblaciones de *Prosopis spp* (*P. alba*) puede explicarse por la variabilidad propia del grupo debido a la existencia de ecotipos locales muy xéricos o grupos morfológicos, probablemente provenientes de cruzamientos interespecíficos, introducción de una especie o variedades reciente en el tiempo (Rodríguez et al. 1983. Palacios & Brizuela, 2005), o algún grado de selección antrópica o “domesticación” para favorecer algún rasgo positivo culturalmente (Palacios & Brizuela, 2005). Mac Rostie et al (2017) sugieren que los bosques de Algarrobos en Chile provenientes de Argentina en periodos precolombinos pudieron haber aparecido ya en 4200 años AP en el extremo norte de Chile, y se volvieron comunes en Atacama más de mil años después, siendo los factores culturales y naturales los que probablemente contribuyeron a su difusión y consolidación como un recurso silvícola importante e incluso más actuales citando a *P. alba* var. *panta* como una introducción desde Perú. (Mac Rostie, 2014, 2018)

Los manuales de recolección de semillas de especies silvestres y especies forestales presentan protocolos de procedimientos adecuados para asegurar con éxito el rescate de la variabilidad del germoplasma y propiedades de la población de algarrobos presentes en Camar en lotes de semillas de rodales seleccionados (Gold et al. 2004; León-Lobos et al, 2014)



María Teresa Serra Vilalta

Especialista en Flora Vascular

Ex académica Universidad de Chile

Referencias bibliográficas

ALVAREZ JA & PE VILLAGRA (2009) *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtziana (Argentina) 35(1): 49-63.

BESSEGA ET AL. 2018 Genetic diversity and differentiation among *Prosopis alba* populations from dry valleys of Bolivia with different levels of human disturbance and altitude. Ecol. Evol. 2018 (8): 11309-11391.

BURKART, A. (1976) A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae, subfam. Mimosoideae). Journal of the Arnold Arboretum 57:217-525.

FELKER P. C. LOPEZ, C. SOULIER, J. OCHOA (2001) Genetic evaluation of *Prosopis alba* (algarrobo) in Argentina for cloning elite trees. Agroforestry Systems 53: 65–76, 2001.

GALERA M. 2001 Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. <http://www.fao.org/3/ad314s/ad314s00.htm>

GAJARDO R. (1993). El concepto de Procedencia y la calidad de la semilla. Centro Productor de Semillas de Árboles Forestales. Universidad de Chile. Notas Cesaf-Chile N° 1. p 8.

GOLD, K., P. LEON-LOBOS & M. WAY (2004) Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración. Bol. INIA N°110. Chile.

JOSEAU A., R. VERGA, MP DÍAZ, N. JULIO (2013) Morphological diversity in the semiarid Chaco of Northern Córdoba and Southern Santiago del Estero Am. Journ. Plant Sciences (4) :2092-2111.

LEON-LOBOS P, A. SANDOVAL ET AL. (2014) Manual de recolección y procesamiento de semillas de especies Forestales. Bol. INIA N° 280., Chile

LUEBERT F & P. PLISCOFF (2018) Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Segunda edición. Editorial Universitaria. 384 pp.

MMA 2012 Ficha de Antecedentes: *Prosopis flexuosa*. Noveno Proceso de Clasificación de Especies. Santiago, Chile 6 pp

MC ROSTIE B, V. (2014). Arboricultura y Silvopastoralismo en el período formativo (1.400 a.c.-500 d.c.) de la cuenca del Salar de Atacama. Chungará (Arica) 2014, vol.46, n.4 [citado 2021-09-26], pp.543-557

MC ROSTIE VB, GAYO EM, SANTORO CM, DE POL-HOLZ R, LATORRE C (2017) The pre-Columbian introduction and dispersal of Algarrobo (*Prosopis*, Section Algarobia) in the Atacama Desert of northern Chile. PLoS ONE 12(7): e0181759.

PALACIOS, R.A.; BRAVO L. (1981). Hibridación natural de *Prosopis* (Leguminosae) en la región chaqueña argentina. Evidencias morfológicas y cromatográficas. Darwiniana 23: 3-35.

PALACIOS R. A.; BRIZUELA M.M. (2005). Flora Fanerogámica Argentina. Género *Prosopis* Fascículo 92. 128: parte 13. Proflora CONICET.

PALACIOS R. A.; BRIZUELA M.M. (2005) *Prosopis*: historia y elementos para su domesticación. Agrociencia. (2005) Vol. IX N° 1 y N° 2 pág. 41- 51

PERALTA M & MT SERRA (1987) Caracterización del hábitat natural de las especies del género *Prosopis* en las Provincias de Huasco y Copiapó, III Región, Chile. En: Investigación y desarrollo de áreas silvestres zonas áridas y semiáridas de Chile. Documento de trabajo N°9, CONAF (Chile) 120 pp.

PHILIPPI RA (1895) Plantas nuevas chilenas: *Prosopis atacamensis*. Anales Univ. 84: 444. 1893.

RODRIGUEZ R., MATTHEI, O & QUEZADA M. (1983) Flora Arborea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción.

RODRÍGUEZ, R., C. MARTICORENA, D. ALARCÓN, C. BAEZA, L. CAVIERES, V.L. FINOT, N. FUENTES, A. KIESSLING, M. MIHOC, A. PAUCHARD, E. RUIZ, P. SANCHEZ & A. MARTICORENA. (2018). Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Botánica 75(1): 1-430.

VERGA, A 2013 Rodales semilleros de *Prosopis* a partir del bosque nativo. Quebracho Vol.19(1,2):125-138

ZULOAGA, F., O. MORRONE, M. BELGRANO (eds.) (2008) Catalogo de las plantas vasculares del Cono Sur. Volumen 2, Missouri Botanical Garden Press.2286 pp.