



# VIII Reunión GeMFo

## Trabajos Técnicos

Bella Vista, Corrientes, Argentina

21 al 23 de agosto de 2019

**Grupo de Genética y Mejoramiento Forestal**

---

VIII Reunión GeMFO

Trabajos Técnicos

Diseño de portada:

Juan Adolfo López

Revisores externos:

**Dr. Francisco Espinoza**

Facultad de Ciencias Agrarias  
Instituto de Botánica del Nordeste  
(IBONE-CONICET)  
Universidad Nacional del Nordeste

**Dr. Fernando Niella**

Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Misiones

**Dra. María Eugenia Figueroa**

Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Santiago  
del Estero

**Dra. Patricia Rocha**

Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Misiones

**Dra. Juana Graciela Moglia**

Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Santiago  
del Estero

**Ing. Ftal. (MSc) Teresa Suirezs**

Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional de Misiones

VIII Reunión GeMFO / Natalia Cristina Aguirre. [et al.]; compilado por Juan Adolfo López; Mariano Agustín Hernández; Javier Augusto López.- 1a ed.- Bella Vista: Juan Adolfo López, 2019. Libro digital, DXReader

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-86-1630-8

1. Ciencias Forestales. 2. Genética Vegetal. I. Aguirre, Natalia Cristina. II. López, Juan Adolfo, comp. III. Hernández, Mariano Agustín, comp. IV. López, Javier Augusto, comp. CDD 577.3



Libro de edición Argentina.

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor.

Su infracción está penada por las leyes vigentes.

---

## Patrones espaciales de variabilidad morfológica de *Prosopis alba* Griseb, en el Gran Chaco

Spatial patterns of morphological variability of *Prosopis alba* GRISEB in the Gran Chaco

Ingrid Teich<sup>\*12</sup>; Aníbal R. Verga<sup>3</sup>; Diego López Lauenstein<sup>1</sup>; Carmen Vega<sup>1</sup> Alicia Sersic<sup>42</sup>; Andrea Cosacov<sup>42</sup>

<sup>1</sup> INTA, CIAP, Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales, Córdoba

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

<sup>3</sup> INTA, Agencia de Extensión Rural La Rioja, La Rioja.

<sup>4</sup> Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, Córdoba.

[ingridteich@gmail.com](mailto:ingridteich@gmail.com) / [teich.ingrid@inta.gob.ar](mailto:teich.ingrid@inta.gob.ar)

### Resumen

Dentro de la sección Algarobia, el complejo de *Prosopis alba*, *P. hassleri*, *P. chilensis* y *P. fiebrigii* presenta la mayor distribución en el Gran Chaco Americano. Dentro del complejo existen leves discontinuidades morfológicas y frecuentes formas de transición que a veces confunden los límites entre especies, dificultando la delimitación de unidades de conservación y manejo. En este trabajo estudiamos el patrón espacial de variabilidad morfológica de 11 caracteres foliares en 927 árboles. La variabilidad morfológica y bioclimática se encontró significativamente asociada. A medida que las temperaturas y precipitaciones disminuyen, las hojas son más pequeñas, con mayor número de pinnas y foliólulos, a excepción del área donde predomina el morfotipo *P. chilensis* "argentino". Se identificaron zonas de mayor variabilidad morfológica, las cuales se corresponden con las de contacto entre morfotipos. En estas áreas la capacidad del complejo para intercambiar información genética representa un mecanismo que aumenta su variabilidad y potencial evolutivo.

**Palabras Clave:** Algarrobo, caracteres foliares, domesticación, conservación.

### Abstract

Within the Section Algarobia, the complex of *Prosopis alba*, *P. hassleri*, *P. chilensis* and *P. fiebrigii* shows the largest distribution in the Gran Chaco Americano. Within this complex there are slight morphological discontinuities and frequent transitional forms that sometimes blur species limits, hampering the delineation of conservation and management units. We studied the spatial pattern of the morphological variation of 11 leaf characters in 927 trees belonging to the complex. Morphological and bioclimatic variability were significantly associated: smaller leaves and higher numbers of leaflets were found in areas with lower temperatures and precipitation. However, in the southern part of the Chaco region, where the *P. chilensis* "argentine" morphotype is more frequent, this association was not found. Diversity hotspots were identified in contact zones between morphotypes. The ability to exchange genetic information among species at these contact areas might represent a mechanism that increases variability and evolutionary potential.

**Key words:** Mesquite, leaf traits, domestication, conservation.

### Introducción

La conservación de la biodiversidad de los bosques, incluidos los recursos genéticos forestales, es esencial para la salud y la vitalidad de los ecosistemas forestales, su valor productivo y los servicios ambientales que proveen. En el Chaco sudamericano, la tasa de pérdida de bosques secos se encuentra entre las más altas del mundo, principalmente debido a la expansión de la producción de soja y la ganadería, resultando en una pérdida alarmante de la biodiversidad y los servicios que brindan estos ecosistemas.

El género *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) incluye especies leñosas adaptadas a regiones áridas y semiáridas y está bien representado en el Chaco sudamericano, con muchas especies endémicas. Varios miembros de este género son árboles multipropósito que constituyen los componentes principales de los bosques secos en la región. Dentro de la sección Algarobia, a donde pertenecen la mayoría de estas especies arbóreas prometedoras, hay una gran diversidad de especies, leves discontinuidades morfológicas y formas de transición frecuentes que a veces confunden los límites entre especies.

Los mecanismos de aislamiento son débiles y la hibridación interespecífica es frecuente (Saidman et al., 2000). Además, algunas especies muestran una alta variabilidad morfológica (Verga et al., 2009, 2014). La identificación de especies, como consecuencia, a veces es difícil, lo que dificulta la delimitación de las unidades de conservación y manejo.

Tradicionalmente, las especies de *Prosopis* en la región se clasifican en dos grandes grupos: los Algarrobos Blancos (AB) y los Algarrobos Negros (AN). A escala macrogeográfica, las especies dentro de cada grupo no son simpátricas, se reemplazan entre sí por áreas de contacto. Por el contrario, los algarrobos blancos y negros coexisten, aunque a escala microgeográfica ocupan diferentes nichos. Dentro del grupo de AB, el complejo de *Prosopis alba*, *P. hassleri*, *P. chilensis* y *P. fiebrigii* presenta la mayor distribución en el Gran Chaco Americano. La capacidad del complejo para intercambiar información genética se ha propuesto como un mecanismo que aumenta su variabilidad y potencial evolutivo, además de generar una gran diversidad en las áreas de contacto.

Para el éxito a largo plazo de los programas de reproducción y conservación de las especies de bosque nativo, es necesario considerar los procesos evolutivos que generan y mantienen la variabilidad genética y el potencial de adaptación de la especie.

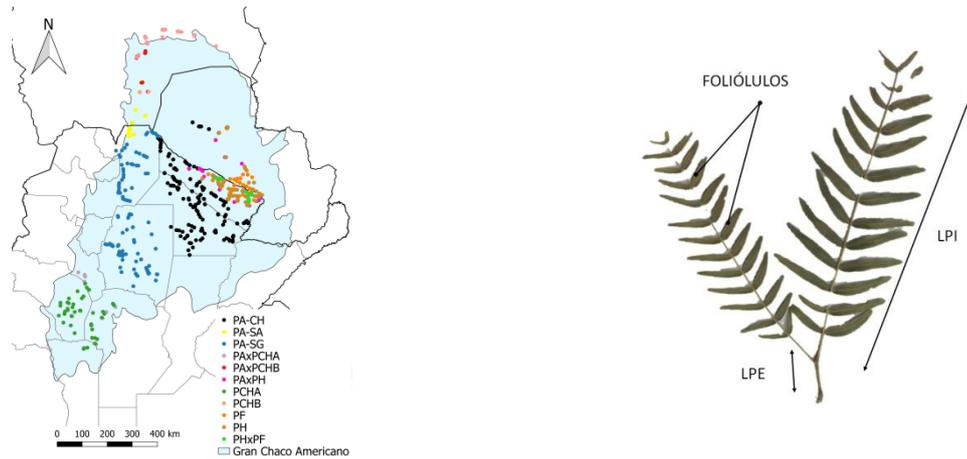
El manejo de los recursos genéticos de los bosques de *Prosopis* destinados a su conservación, mejoramiento y uso sostenible es un desafío particularmente complejo, en el que las soluciones variarán de acuerdo a los patrones de variación de las especies consideradas, sus características genéticas y su comportamiento biológico y silvícola. Aunque el complejo Algarrobos Blancos se ha propuesto como una unidad evolutiva única (singameon), la variación morfológica y genética del complejo, y su relación con la variación ambiental, no se ha analizado en toda su gama de distribución, información fundamental para dilucidar los procesos evolutivos subyacentes y caracterizar unidades ecomorfológicas diferenciadas.

En este trabajo se analiza el patrón espacial de la variación morfológica de caracteres foliares y su asociación con las características climáticas. Se espera contribuir a la ordenación del recurso genético de Algarrobo a través de la diferenciación de entidades y el mapeo de zonas de alta diversidad morfológica.

## Materiales y Métodos

Se muestrearon 927 individuos de algarrobos blancos en la región Chaqueña (Argentina, Bolivia y Paraguay) (Figura 1). Los individuos fueron georeferenciados, caracterizados mediante 11 variables de hoja y clasificados en grupos morfológicos (PA-CH: *P. alba* "chaqueño", PA-SG: *P. alba* "santiagoño", PA-SA: *P. alba* "salteño", PCHB: *P. chilensis* "boliviano", PCHA: *P. chilensis* "argentino", PF: *P. fiebrigii*, PH: *P. hassleri* e híbridos). Asimismo, para cada punto se obtuvieron 13 variables bioclimáticas derivadas de valores de temperatura y precipitación mensuales. La autocorrelación espacial de la variabilidad morfológica se analizó mediante el índice de Moran, tanto de cada variable como de variables sintéticas obtenidas mediante un Análisis de Componentes Principales (Teich, 2012).

Para visualizar los patrones espaciales de variabilidad morfológica y ambiental se realizaron mapas sintéticos mediante la interpolación de las componentes principales. Para identificar focos de diversidad morfológica se establecieron grillas de 100 km x 100 km y se calcularon los coeficientes de variación de las variables morfológicas, los cuales también fueron interpolados para la visualización de patrones y focos de diversidad morfológica. La asociación entre la variabilidad climática y morfológica se evaluó mediante la Prueba de Mantel Parcial y el Análisis de Procrustes Generalizado.

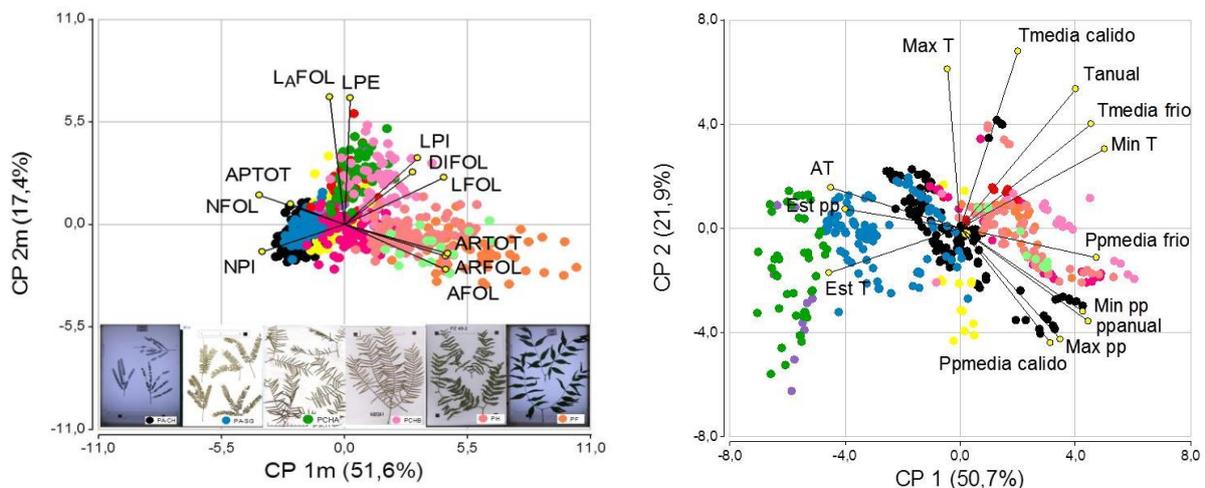


**Figura 1.** Distribución espacial de los árboles muestreados (izquierda), con distintos colores se indica el grupo morfológico al que pertenecen, identificados en base a 11 caracteres foliares, de los cuales se ejemplifican (derecha), Largo de Pina (LPI) y Largo del peciolo (LPE).

Figure 1. Spatial distribution of sampled trees (left), different colors correspond to morphological groups, identified from 11 leaf traits, such as Pinnae and petiole Length (LPI and LPE) (right), among others.

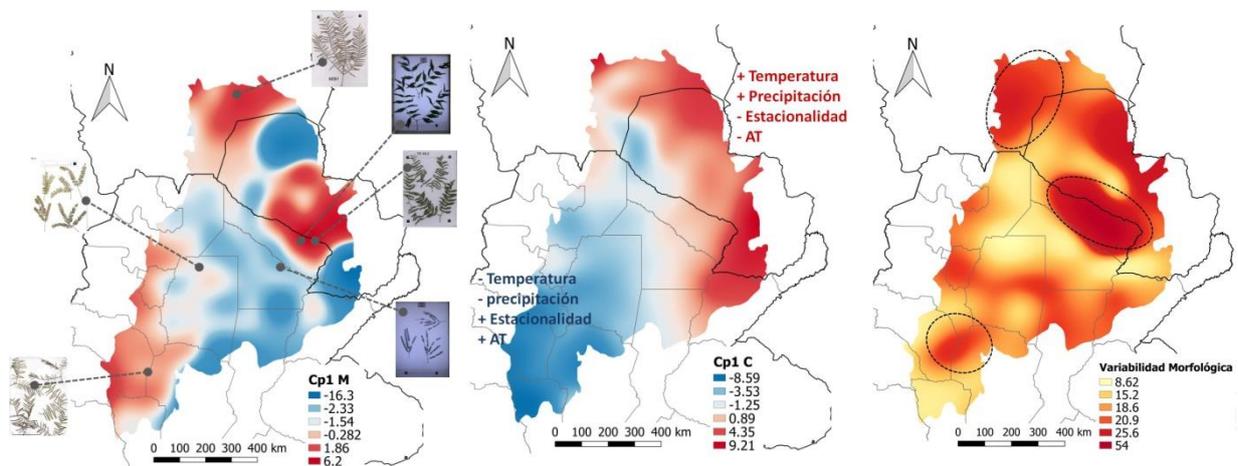
## Resultados

Los caracteres de hoja presentaron autocorrelación espacial positiva y estadísticamente significativa. Los primeros componentes del ACP resumieron más del 50% de la variabilidad morfológica (CP1<sub>m</sub>) y de la bioclimática (CP1<sub>c</sub>) (Fig. 2). Altos valores de la CP1<sub>m</sub> se asocian a individuos con mayor área foliar y menor número de pinnas y foliólulos. En el biplot obtenido con las variables climáticas se observa una variación clinal de los grupos morfológicos, donde altos valores de CP1<sub>c</sub> corresponden a áreas con mayor temperatura y precipitación y menor estacionalidad y amplitud térmica (Figura 2). La variabilidad morfológica y la variabilidad climática se encuentran asociadas ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,16$ ). A nivel macrogeográfico puede observarse que en las zonas norte y este de la región (Bolivia, Paraguay y este de Formosa y Chaco) las hojas son en general más grandes, presentan menor número de pinnas y de foliólulos y éstos están más separados entre sí (Figura 3). A medida que las temperaturas y precipitaciones disminuyen hacia el sur y el oeste, las hojas son más pequeñas, con mayor número de pinnas y de foliólulos. Sin embargo, en el extremo sur de la distribución del grupo, donde predomina el morfotipo *P. chilensis* "argentino", no se observa tal asociación (Figura 3). Se detectaron tres principales focos de variabilidad morfológica, localizados al noreste, norte y suroeste de la distribución (Figura 3). Estas zonas de mayor variabilidad morfológica se corresponden con las de contacto entre morfotipos.



**Figura 2.** Biplots obtenidos del ACP sobre 11 variables morfológicas (izquierda) y 13 climáticas (derecha). Distintos colores indican el grupo morfológico al que pertenecen.

Figure 2. Biplots obtained by a PCA on the 11 morphological (left) and 13 bioclimatic variables (right). Different colors correspond to morphological groups.



**Figura 3.** Patrones espaciales de la variabilidad morfológica y ambiental en el complejo de algarrobos blancos del Gran Chaco. Izquierda: mapa correspondiente a la interpolación de la primera Componente Principal (CP1) morfológica. Centro: interpolación de la CP1 climática. Derecha: Mapa de diversidad morfológica, zonas rojas corresponden a focos de diversidad (mayor CV promedio).

Figure 3. Spatial patterns of morphological and environmental variability in the White Carobs Complex of the Chaco Region. Left: map obtained by the interpolation of the first principal component (PC1) of the morphological variability. Centre: interpolation of the bioclimatic PC1. Right: morphological diversity map, red areas correspond to diversity hotspots (higher variation coefficients).

## Conclusiones

Los resultados evidencian un patrón continuo de variabilidad morfológica asociado al gradiente climático y las zonas de mayor variabilidad morfológica se corresponden con las de contacto entre morfotipos. Las asociaciones entre variación fenotípica y ambiente suelen reflejar procesos evolutivos de adaptación local, sugiriendo que este conjunto de especies/morfotipos respondería como un único complejo evolutivo a las variaciones ambientales, donde cada morfotipo se encontraría ocupando una porción del gradiente ambiental del Gran Chaco Americano. La variación morfológica reportada y su asociación con la variación ambiental, es un insumo fundamental para futuros programas de conservación y manejo de estas especies forestales, sentando las bases para el ordenamiento territorial del recurso genético *Prosopis*.

## Bibliografía

- Saidman, B. O.; Bessega, C. F.; Ferreira, L. I., et al. 2000. "The use of genetic markers to assess population structure and relationships among species of the genus *Prosopis* (Leguminosae)." *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 35(3-4): 315-324.
- Teich, I. 2012. Análisis de la estructura genética espacial de especies arbóreas y su asociación con la variabilidad fenotípica y ambiental. *Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires. Tesis de doctorado. 173 p.
- Verga, A.; López Lauenstein, D.; López, C., et al. 2009. "Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina." *Quebracho* (Santiago del Estero) 17: 31-40.
- Verga, A.; López, C.; Navall, M., et al. 2014. "Caracterización morfológica, distribución geográfica y estimación de nichos ecológicos de algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográfica Chaqueña y Espinal norte de Argentina.