



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE *Neltuma alba* EN EL SUR DE SU DISTRIBUCIÓN EN ARGENTINA

Ricardo Martín ORQUERA¹, Lorena MARINONI^{1,2}, Juan Marcelo ZABALA^{1,2}

RESUMEN

Neltuma alba es una especie forestal ampliamente distribuida en los bosques del centro-norte de Argentina que representa un recurso valioso en materia ecológica y económica. La sobreexplotación, deforestación y las estrategias de conservación deficientes, ponen en riesgo su diversidad genética. Conocer la diversidad genética es un criterio fundamental para el manejo del recurso fitogenético. Sin embargo, conocer el número total de alelos que contiene una especie en un territorio extenso resulta una tarea inabordable. La caracterización morfológica es una de las sucesivas etapas en la ordenación del recurso genético de algarrobo para fines de uso y conservación. En este trabajo se analizó la variabilidad morfológica en el sur de su distribución. Se realizó una caracterización morfológica mediante análisis de datos multivariados de 49 poblaciones de *N. alba* utilizando 13 caracteres morfológicos de hoja. Los resultados permitieron identificar cuatro grupos morfológicos, que se distribuyen en su mayor parte en la ecoregión del Espinal. Estos grupos, distribuidos en diferentes ambientes, representan una base preliminar para futuros estudios de caracterización molecular a fin de evaluar los procesos de adaptación evolutiva.

Palabras clave: *algarrobo, espinal, grupos morfológicos, recursos genéticos*

1. INTRODUCCIÓN

Neltuma alba (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis (Fabaceae) es una de las especies típica de los bosques del Chaco Húmedo, Chaco Semiárido y del Espinal (Ledesma et al., 2008). El algarrobo blanco, como se lo conoce comúnmente, se destaca por su importancia económica y ecológica. Es considerada una especie de uso múltiple (Verzino & Joseau 2005), su valor no se reduce solamente a la calidad de su madera, sino también a los productos forestales no maderables, sus frutos tienen factibilidad de aprovechamiento industrial para la elaboración de harinas y otros derivados (Grados & Cruz 1996; Ruiz W et al., 1998).

La caracterización morfológica conforma la etapa inicial del ordenamiento del recurso genético de algarrobo (Verga, 2009). Varios autores afirman que los algarrobos presentan una fuerte correlación entre sus características de hoja y su base genética, especialmente aquella relacionada con su origen específico (Saidman, 1986; Joseau & Verga, 2005; Verga & Gregorius, 2007; Ferreyra et al., 2013; Verga, 2014). En este contexto, Verga (2014) remarca que los algarrobos conforman un complejo sistema de especies entrelazadas que conduce a un proceso de hibridación interespecífica, dificultando el proceso inicial del ordenamiento del recurso genético de algarrobo. Existen numerosos antecedentes de caracterización morfológica de *N. alba* basada en taxonomía numérica tanto de hojas como de frutos, lo cual ha permitido obtener un grado de detalle mayor que el alcanzado por la sistemática clásica al momento de diferenciar grupos con características genéticas comunes. En ese sentido, durante años se han realizado varios trabajos para diferenciar grupos de individuos de *N. alba* en función de sus caracteres morfológicos de hoja (Verga et al., 2009; Bessega et al., 2009; Ferreyra et al., 2013; Joseau et al. 2013; Teich et al., 2019; Vega et al., 2020). En relación a esto, Bessega et al. (2015) sostiene que la mayor diferenciación fenotípica entre poblaciones de *N. alba* se observan en los

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral (ICiAgro Litoral, UNL-CONICET). Kreder 2805, Esperanza (3080), Argentina.
Contacto: orquera104@gmail.com

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral (FCA-UNL), Kreder 2805, Esperanza (3080), Argentina.
jmzabala@fca.unl.edu.ar



caracteres de hoja. Recientemente, Teich et al. (2019) diferenció tres morfotipos para la ecorregión del Chaco, morfotipo chaqueño, santiagueño y salteño.

En el presente estudio se propone caracterizar la variabilidad morfológica de *N. alba* a través de técnicas multivariantes en sitios de Argentina donde existen vacíos de información, principalmente en la ecorregión del Espinal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron y analizaron hojas de 49 poblaciones de *N. alba* conformadas por 7 a 10 árboles distanciados al menos a 100 metros entre ellos. De cada uno de estos árboles se extrajeron cinco hojas de diferentes partes de la copa, las cuales fueron herborizadas para su posterior análisis. Las hojas fueron escaneadas y luego analizadas mediante el programa HOJA 3.6 (Verga, 2015). Se midieron 13 caracteres cuantitativos (Cuadro 1), permitiendo así un análisis a través de taxonomía numérica. Estas variables fueron utilizadas en los trabajos previos de caracterización morfológica de la especie y permitieron detectar patrones adaptativos (Verga 2014; Teich et al., 2019).

Cuadro 1. Variables utilizadas en la caracterización morfológica de *N. alba*

LPE	Longitud del pecíolo.
NPI	Número de pares de pinnas.
LPI	Longitud de la pinna.
NFOL	Número de pares de foliólulos por pinna.
DIFOL	Distancia entre foliólulos. (LPI/NFOL).
LFOL	Longitud del foliólulo.
AFOL	Ancho del foliólulo.
LAFOL	Relación largo/ancho de foliólulo. (LFOL/AFOL)
ARFOL	Área del foliólulo.
AP-TOT	Relación área del ápice del foliólulo y área total del foliólulo
ARTOT	Índice de área foliar.
L-DIFOL	Relación entre largo y distancia entre foliólulo (LAFOL/DIFOL)
DIFOL-A	Relación entre la distancia y el ancho del foliólulo (DIFOL/AFOL).

Para el análisis de los datos se generó una matriz configurada al efecto de técnicas multivariantes, $n=861 \times p=13$ (donde n = árboles totales y p = variables morfológicas). Se utilizaron los valores medios de todos los árboles, (428 procedentes de las 49 poblaciones muestreadas en este trabajo) y (433 de los tres morfotipos, PA-SA, PA-SG, Y PA-CH), los cuales fueron proporcionados por Teich et al. (2019). La distribución geográfica de las poblaciones y morfotipos se observa en la (Figura 3). Se realizó un *Análisis de Componentes Principales (ACP)* a fin de evaluar cuáles son las variables que tienen mayor contribución en explicar la variación total. En un Biplot, se ordenaron las poblaciones en función de las características foliares de los árboles que los conforman. Posteriormente, se realizó una clasificación no supervisada mediante un *Análisis de conglomerado*. Se construyó un dendrograma a través del método de Ward. Se utilizó como métrica para cuantificar la similitud entre observaciones la distancia euclídea considerando integrantes de cada grupo, aquellos individuos que se diferencian entre sí por debajo de un umbral establecido. Como criterio de clasificación para ambos algoritmos se utilizó la población y el morfotipo al que pertenece cada individuo a fin de reducir la dimensionalidad e interpretación de los datos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados permitieron identificar cuatro grupos morfológicos de *N. alba* al sur de su distribución, los cuales se distribuyen en su mayor parte en la ecorregión del Espinal (Figura 3).

En el Biplot (Figura 1) resultante del ACP, se observa que las primeras dos CP explicaron el 71,2 % de la varianza total. Las variables de mayor importancia y que mejor ordenaron las poblaciones en función de sus características foliares, son las que mostraron mayor correlación con la CP1. En ese sentido, longitud del foliólulo (LFOL) y área del foliólulo (ARFOL), coinciden con las reportadas por (Teich et al., 2019; Vega, 2020). De igual forma, en la CP2 las que asumen mayor importancia son número de pinnas



(NPI), relación entre la distancia y el ancho del foliólulo (DIFOL-A) y número de foliólulos (NFOL).

Si bien existe una variación continua, como lo reportado por Teich et al. (2019) para los morfotipos, se observa que las poblaciones conforman grupos con mayor o menor variabilidad, dependiendo de la porción de variación que ocupan en el Biplot (Figura 1). La CP1 en su rango de variación (de izquierda a derecha) diferencia los grupos 1, 2 y 3, y la CP2 el grupo 4 del 3. Según (Bruno & Balzarini, 2010), las ordenaciones morfológicas basadas en matrices de distancias multivariadas son útiles cuando la variación está más cercana a ser continua o semicontinua, tal como ocurre en este estudio. De acuerdo con las proyecciones de los autovectores sobre la CP1, el Grupo 3 y el morfotipo salteño (PA-SA), se diferencian del Grupo 1 por presentar mayores valores de índice de área foliar (ARTOT), ancho de foliólulo (AFOL), y longitud de foliólulo (LFOL). Las variables número de pares de pinnas (NPI) y número de foliólulos (NFOL) asociadas a la CP2 asumen los valores más altos en PA-CH y los menores en el Grupo 4, en el cual longitud del peciolo (LPE), y distancia entre foliólulo (DIFOL) alcanzan los valores más altos.

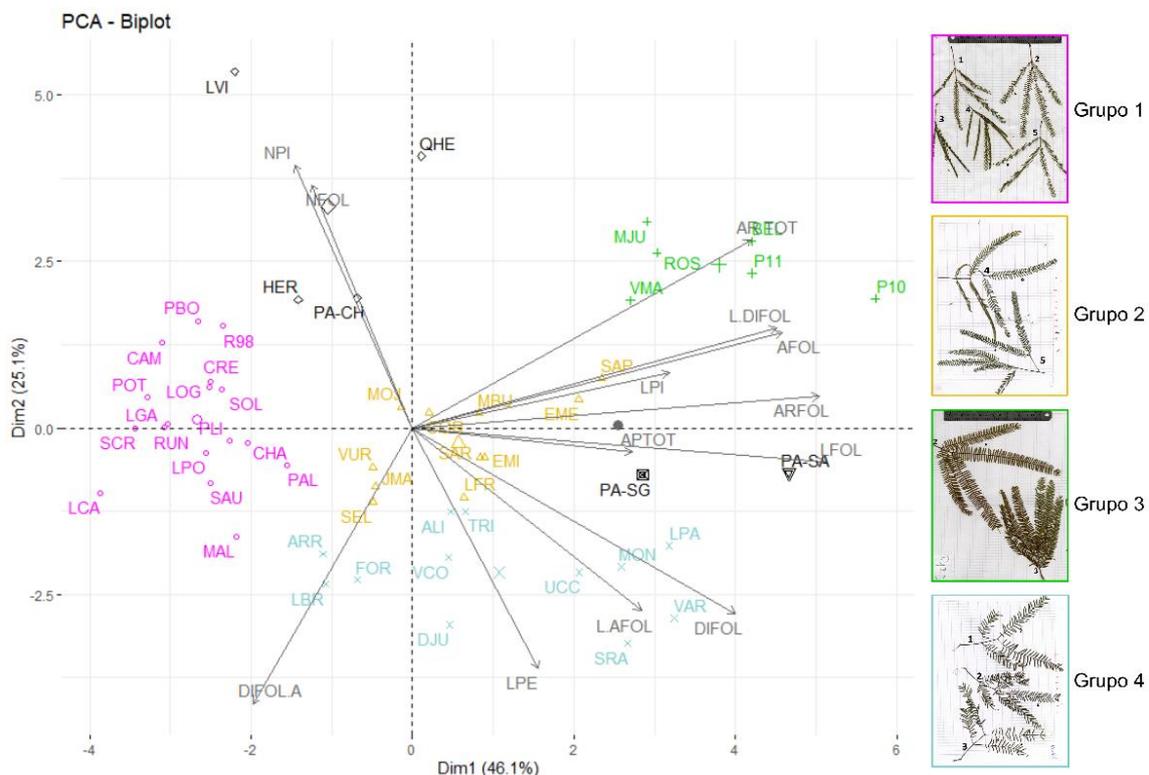


Figura 1. Biplot de los dos primeros ejes del ACP realizado con las 13 variables morfológicas de hoja de las 49 poblaciones de *N. alba*. Se incluyen los tres morfotipos (PA-CH, PA-SA y PA-SG). ejemplares de herbarios correspondientes a los árboles tipos representantes de cada grupo morfológico.

En el dendrograma (Figura 2) se aprecian las distancias morfológicas a las cuales se separan los grupos y morfotipos. En principio se observan dos grandes aglomeraciones, una conformada por el morfotipo chaqueño (PA-CH) y el Grupo 1, la otra por el morfotipo salteño (PA-SA) y el santiagueño (PA-SG) y los grupos restantes. Los morfotipos PA-SG y PA-SA, tienen una mayor afinidad con las poblaciones del Espinal, más precisamente con las que se ubican en el extremo sur de la distribución (Grupo 3). Por último, las poblaciones del Grupo 2 y 4, son las que se encuentran a una mayor distancia morfológica de los morfotipos. Las poblaciones HER, LVI Y QHE no se diferencian PA-CH.

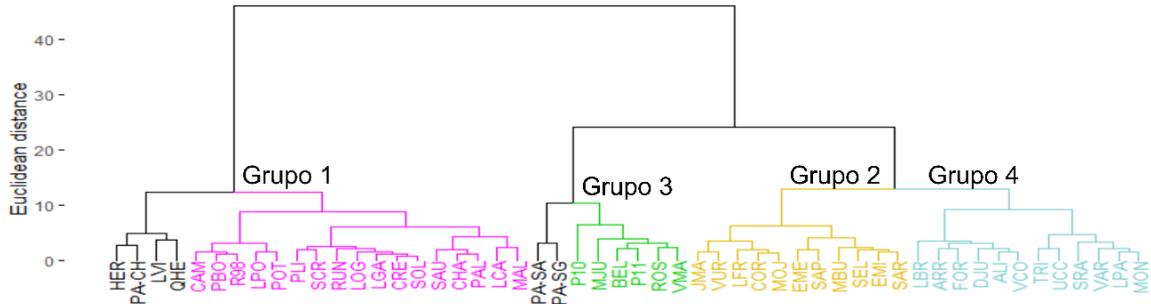


Figura 2. Dendrograma obtenido de la matriz de distancia morfológica a través del método de Ward. Se distinguen las 49 poblaciones y los tres morfotipos (PA-CH, PA-SA y PA-SG).

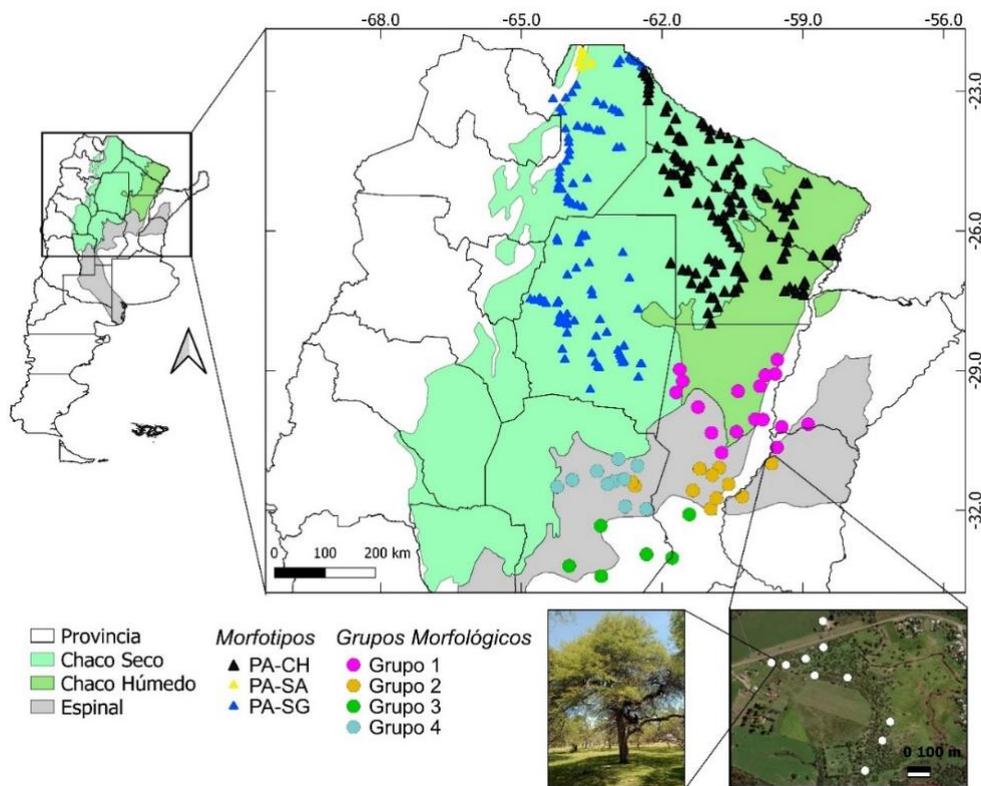


Figura 3. Representación geográfica de las poblaciones clasificadas por grupo morfológico y de los morfotipos en las ecorregiones de Argentina. Abajo se detalla la dispersión de 10 árboles muestreados en una de las poblaciones analizadas.

La distribución espacial de las poblaciones clasificadas por grupo morfológico (Figura 3) muestra que el Grupo 1 presenta la distribución más amplia respecto a los demás, contemplando el sur del Chaco Húmedo y el norte del Espinal, predominando en la provincia de Santa Fe. Por otro lado, el Grupo 4 y el Grupo 2 tienen una distribución sólo en el Espinal, que va desde el centro-oeste de la provincia de Córdoba hasta el oeste de Entre Ríos. Sin embargo, el Grupo 4 se ubica en una zona restringida de la franja del Espinal que atraviesa la provincia de Córdoba. Por último, el Grupo 3 contiene a las poblaciones del límite sur en las provincias de Córdoba y Santa Fe. Algo a destacar y que coincide con lo reportado por (Verga, 2009) es que los núcleos de cada grupo poseen características propias y diferenciales respecto a los demás.

4. CONCLUSIONES

Las técnicas empleadas permitieron diferenciar cuatro grupos morfológicos de *N. alba* en el sur de su



distribución. Estos grupos, en complemento con los morfotipos ya determinados en el norte, contemplan todo el rango de distribución de la especie y con ello una adecuada representatividad de la variabilidad morfológica.

Asumiendo que cada uno de estos grupos poseen cierta identidad morfológica y que los rasgos que los caracterizan son consecuencia de su iteración con el ambiente, este trabajo supone una línea base para futuros estudios genético-evolutivos inherentes a la identificación de unidades de uso y conservación.

5. LITERATURA CITADA

- BESSEGA, C., POMETTI, C., EWENS, M., SAIDMAN, B. O., & VILARDI, J. C. (2015). Improving initial trials in tree breeding using kinship and breeding values estimated in the wild: the case of *Prosopis alba* in Argentina. *New Forests*, 46(3), 427– 448. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9469-5>.
- BESSEGA, CECILIA, SAIDMAN, B. O., DARQUIER, M. R., EWENS, M., SÁNCHEZ, L., ROZENBERG, P., & VILARDI, J. C. (2009). Consistency between marker- and genealogy-based heritability estimates in an experimental stand of *Prosopis alba* (Leguminosae). *American Journal of Botany*, 96(2), 458–465. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800074>.
- BRUNO, C. I., & BALZARINI, M. G. (2010). Ordenaciones de material genético a partir de información multidimensional.
- GALERA, F.M. (2000). Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. UNC-Secretaría de Ciencia y Tecnología. Córdoba, Argentina. 269 pp.
- GRADOS, N. & CRUZ, G. (1996). New approaches to industrialization of algarrobo (*Prosopis pallida*) pods in Perú In: Felker P. and J. Moss Ed. *Prosopis: Semiarid fuelwood and forage tree building consensus for the disenfranchised*. Workshop. Washington D.C., U.S. 3.25-3.42.
- LEDESMA, T., DE BEDIA, G., Y LÓPEZ, C. (2008). Productividad de *Prosopis alba* Griseb. en Santiago del Estero. *Quebracho* 15(1):5-9.
- RUIZ W. (1998). Evaluación económica de procesos para la obtención de productos de algarroba. Ponencia presentada en el Coloquio Internacional: “El algarrobo en el desarrollo sostenible después de El Niño” 1998, Piura, Perú.
- SAIDMAN, B. O. (1986). “Isoenzymatic studies of alcohol dehydrogenase and glutamate oxalacetate transaminase in four Southamerican species of *Prosopis* and their natural hybrids”. *SilvaeGenetica* 35: 3-10. J. D. Sauerländer'sVerlag Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries. ISSN 0037-5349 ISI: 0.3.
- TEICH, I. VERGA, A. R., LÓPEZ L. D., VEGA, C., SERSIC, A. & COSACOV, A. (2019). Patrones espaciales de variabilidad morfológica de *Prosopis alba* Griseb, en el Gran Chaco. Libro de resúmenes de la VIII Reunión de Genética y Mejoramiento Forestal (GeMFO). Pp.57-60
- VEGA, C. (2020). Caracterización morfológica, genética y climática en la zona de contacto entre *Prosopis alba* y el complejo *P. hassleri*-*P. fiebrigii* (Fabaceae). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Argentina. 163pp.
- VERGA, A. (2014). Rodales semilleros de *Prosopis* a partir del bosque nativo. *Quebracho*, 19(1.2), 125–138.
- VERGA, A. (2015) Hoja 3.6. Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales, CIAP, INTA. De distribución gratuita a pedido: anibal.r.verga@gmail.com.
- VERGA, A., & GREGORIUS, H. R. (2007). Comparing morphological with genetic distances between populations: A new method and its application to the *Prosopis chilensis* - *P. flexuosa* complex. *Silvae Genetica*, 56(2), 45– 51. <https://doi.org/10.1515/sg-2007-0007>.
- VERGA, A., NAVALL, M., JOSEAU, J., ROYO, O., & DEGANO, W. (2009). en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de. *Quebracho*, 17, 31–40.
- VERZINO, G.E. & JOSEAU, M.J. (2005). El banco nacional de germoplasma de *Prosopis*. Conservación de recursos forestales nativos en Argentina. UNC.