

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA *in situ* DE CLADODIOS DE *Opuntia* spp. EN BERMEJILLO, DURANGO

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION
in situ OF *Opuntia* spp.
CLADODE IN BERMEJILLO, DURANGO

J. A. Carranza-Sabás¹; C. B. Peña-Valdivia²; J. A. Reyes-Agüero³;
M. Luna-Cavazos³; A. Flores-Hernández⁴

¹Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

²Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco, km 35.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: cecilia@colpos.mx (*Autor responsable).

³Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Altair 200, San Luis Potosí. MÉXICO.

⁴Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Durango. MÉXICO.

México cuenta con la mayor diversidad de especies de *Opuntia*, con 205 taxones, de los cuales 126 pertenecen al subgénero *Opuntia* (Bravo, 1978). Además, existen aproximadamente 329 variantes con algún nivel de cultivo (Reyes y Aguirre, 1998). La gran diversidad de genotipos comprende un gradiente de domesticación que va desde las especies típicamente silvestres, hasta las domesticadas, lo que representa una variedad amplia de frutos, nopalitos, forrajes, substratos y materias primas diversas. Así, es indispensable asegurar la conservación de la riqueza genética del género *Opuntia*, por lo que es necesario desarrollar estudios morfológicos, anatómicos, fisiológicos, bioquímicos y genéticos, para ampliar el conocimiento de sus etapas fenológicas y respuesta al ambiente.

La Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH) cuenta con una plantación experimental de *Opuntia*. La plantación está constituida por 55 variantes de nopal, obtenidos en una recolecta, iniciada en 1987, en centros de investigación, huertos comerciales y áreas ejidales de los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Coahuila y México (Flores, 1994). La caracterización morfológica y la determinación taxonómica de los cultivares de dicha colección fue iniciada recientemente, los resultados han evidenciado similitudes y contrastes morfológicos, y fenológicos (número de espinas, forma de los cladodios, color de los frutos y período de maduración de los frutos) entre las variantes, además de la tolerancia al ambiente árido de la Comarca Lagunera (Flores, 1994).

Recientemente, el contenido de clorofila, la actividad de la fosfoenolpiruvato carboxilasa, los contenidos de prolina y de proteína soluble, así como el patrón electroforético de las proteínas, fueron identificadas como características que evidencian las diferencias en la reacción al calor entre variantes de nopal (Flores *et al.*, 1999a, b). Para continuar la caracterización de esta plantación experimental se realizó el presente trabajo, cuyo objetivo es analizar la morfología de los cladodios de 46 cultivares de *Opuntia* y contribuir al conocimiento taxonómico y caracterización agronómica de esta especie. La hipótesis planteada es que el contraste morfológico entre las variantes de nopal es reducido debido a que la selección durante la domesticación propicia la homogeneidad de sus características.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la plantación experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA), de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en Bermejillo, Durango, México (1119 msnm, 25° 52' 28" LN y 103° 37' 07" LO, clima BWhw (e), tma de 21 °C, 13.3 °C y 27.3 °C en los meses más fríos y más calientes, respectivamente, oscilación anual de las temperaturas medias de 14 °C, mayor incidencia de lluvias es en verano, media anual de 200 mm e invernal de 5.6 mm) (García, 1988), suelo con textura migajón arcillosa, pH ligeramente alcalino, pobre en materia orgánica y fósforo, y rico en calcio (Martínez, 1991).

Se evaluaron 46 variantes de *Opuntia* spp., cada una localizada en un surco, con separación de 1.5 y 1.2 m entre surcos y entre plantas, respectivamente. Cada surco cuenta con diez ejemplares. La plantación se mantiene sin riego, fertilización o control fitosanitario y durante la época de lluvias se realiza control manual de MALEZAS y el crecimiento de la planta se controla mediante poda. Entre las variantes hay 12 con uso hortícola, provenientes principalmente del Edo. de México, producidas por programas de investigación del Colegio de Postgraduados y de la propia UACH (Flores, 1994). Las evaluaciones se realizaron *in situ*, entre el 15 y 26 de mayo de 2000, en seis cladodios de plantas diferentes y se utilizó el formato propuesto por Reyes y Aguirre (2000). De los 66 caracteres evaluados, el margen y textura del cladodio, tipo de indumento principal y secundario, color secundario del indumento, presencia de glándulas, color externo de las aréolas, presencia de espinas radiales con ángulos entre 0 y 20°, número de espinas mayores de 3 cm, color principal y secundario de las espinas y su textura resultaron constantes entre las variantes, por lo que fueron excluidos del análisis estadístico. Las variables fueron sometidas a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey. Para estos análisis se utilizó el paquete estadístico SAS para computadora personal (SAS, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caracteres morfológicos relacionados con la forma vital, forma y desarrollo de tallos y ramas (altura, anchura y forma del tallo, altura de la primera rama, color principal y secundario del tallo, ramas erectas, inclinadas o difusas, horizontales o extendidas y caídas), revelaron que las dimensiones de la planta, el número, forma y orientación de las ramas son, en parte, resultado del manejo agrícola en el campo experimental. Así, la poda ha generado la forma arbustiva de las plantas, se ha permitido que alcancen altura (182.28 + 18.87 cm) y anchura media similares (123.35 + 26.28 cm), con número similar de ramas erectas. Respecto al color principal, debe señalarse que aunque los tallos de *Opuntia* son opacos (Nobel, 2001), es probable que como en numerosas especies, el color de los órganos fotosintéticos (cladodios en este caso) dependa en gran medida del contenido de clorofila, éste a la vez puede ser modificado por los factores ambientales, como la irradiancia, la disponibilidad de agua y, macro y micronutrientes, etc. (Irizar-Garza y Peña-Valdivia, 2000; Nobel, 2001), u otros como la separación de las plantas y su orientación.

El margen de los cladodios de todas las variantes evaluadas fue entero, además, no existió diferencia en el color de los cladodios maduros ni sus componentes, tono y brillo, evaluados cuantitativamente con la tabla de colores Munsell (Anónimo, 1977). Respecto a las aréolas, estructuras vegetativas distintivas de las cactáceas, el

indumento principal correspondió a pelo cespitoso y el indumento secundario y las glándulas estuvieron ausentes en todas las variantes. Sobresalió la ausencia de las espinas radiales con inclinación entre 0 y 20° y mayores de 3 cm en las variantes con espinas, y el color y textura iguales de las espinas presentes. Estos resultados mostraron que las condiciones, de cultivo y/o ambientales, del campo experimental de la URUZA promueven la homogeneidad de diversas características morfológicas en *Opuntia*; aunque falta conocer la variabilidad de estas características entre las variantes en su lugar de procedencia. También, se determinó que las características de las espinas contribuyeron significativamente a la clasificación de las variantes de nopal. La reducción del número de espinas, como atributo de calidad, ha sido identificada en diversas especies como resultado de la domesticación (Hawkes, 1983). Bravo (1978) hipotetizó que el grupo *Streptacantha*, especialmente *O. streptacantha*, que se diferencia del resto de las especies de este grupo por la mayor cantidad de espinas radiales, ha contribuido al proceso de domesticación de *Opuntia*.

Entre los caracteres cuantitativos continuos de los cladodios maduros, de los grupos con y sin espinas, sólo su anchura (18.92 y 16.95 cm), la longitud (0.45 y 0.33 cm) y anchura (0.29 y 0.23 cm) de sus aréolas, el número de aréolas por cara (49.03 y 53.86), así como la longitud de hojas de los cladodios inmaduros (0.47 y 0.48) fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$); el resto de las características (19) comunes de los cladodios entre los dos grupos de nopales, con y sin espinas, fueron estadísticamente similares. Además, los caracteres significativamente distintos entre los dos grupos fueron poco contrastantes; así, los cladodios maduros de las variantes con espinas fueron en promedio 10.4 % más anchos (y generaron 16.3 % más área caulinar, y aunque tuvieron aréolas 26.7 % más largas y 20.7 % más anchas, la cantidad de estas estructuras en la cara del cladodio fue 9.9 % menor, respecto a los cladodios sin espinas. Un aspecto sobresaliente entre los caracteres morfológicos cuantitativos es que la longitud promedio de las hojas de los cladodios inmaduros del grupo de nopales con espinas fue sólo 0.01 cm menor que las del grupo sin espinas, y esta diferencia de 2.1 % resultó estadísticamente significativa. Esto indica que la longitud de las hojas puede ser un carácter confiable y potencialmente utilizable como marcador morfológico en la caracterización de variantes de *Opuntia*, pues diferencias mínimas de ese carácter resultan significativas. Sobresalió el hecho de que los cladodios de las variantes con espinas tuvieran aréolas de mayor tamaño y una cantidad significativamente mayor de estas estructuras respecto a las variantes sin espinas. Lo anterior permite suponer que la modificación de la cantidad de aréolas y de su tamaño pueden ser caracteres modificados por la selección continua, como parte del proceso de domesticación. Esta hipótesis se fundamenta en el hecho de que las aréolas poseen dos tipos de meristemas, uno produce estructuras vegetativas y el otro reproductoras (Gibson y Nobel, 1986), el resultado de la expresión fenológica natural conduce primero al desarrollo

de la estructura vegetativa (cladodio) y el impedimento humano de que dichos cladodios produzcan frutos elimina o disminuye la posibilidad de desarrollo del meristemo reproductor, esto favorece el desarrollo vegetativo. El análisis estadístico de los caracteres morfológicos cuantitativos demostró que las variantes con y sin espinas son notablemente similares en sus características morfológicas y que, en gran parte los contrastes morfológicos están relacionados con la presencia o ausencia de espinas y, con longitud y anchura de las aréolas y el área del cladodio maduro. Puede sugerirse que la selección repetida de algunos caracteres, enfocada a ciertas características, durante el proceso de domesticación, han conducido a la homogeneidad morfológica entre variantes, independientemente de su sitio de procedencia.

CONCLUSIONES

Se obtuvo evidencia de que la selección continua, como parte del proceso de domesticación, ha conducido a la disminución del tamaño y de la cantidad de aréolas en las variantes para uso hortícola y que ciertas condiciones de cultivo en combinación con las ambientales promueven la homogeneidad de las características morfológicas en *Opuntia*.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1977. Munsell Color Charts for Plant Tissues. Munsell Color. Baltimore, Maryland, USA.
- BRAVO H., H. 1978. Las Cactáceas de México. Tomo I. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México, 147 p.
- FLORES H., A. 1994. El nopal (*Opuntia* spp.) en la región árida lagunera. Folleto de divulgación. Pronasol-Conacyt-Plan Nueva Laguna. URUZA-Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México.
- FLORES H., A.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; AGUILAR B., G. 1999a. Características bioquímicas del nopal (*Opuntia* spp.) y su modificación por altas temperaturas y déficit de agua. Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. AGUIRRE R., J. R.; REYES A., J. A. (eds.). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. México. pp. 139-169.
- FLORES H., A.; PEÑA-VALDIVIA, C. B.; BASALDÚA, S. F. 1999b. Efectos del calor sobre el contenido de clorofila en tejidos del clorénquima y parénquima del brote de nopal (*Opuntia megacantha*). I Reunión Estatal de Ciencia y Tecnología, Durango, México. pp. 224-231.
- GARCÍA, E. 1988. Sistema de Clasificación de Köppen Modificado para las Condiciones de México. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México.
- GIBSON, A. C.; NOBEL, P. S. 1986. The Cactus Primer. Harvard University. London, England. 286 p.
- HAWKES, J. G. 1983. The Diversity of Crop Plants. Harvard University. London, England. 184 p.
- IRIZAR-GARZA, M. B. G.; PEÑA-VALDIVIA, C. B. 2000. Chlorophyll and photosynthetic oxygen evolution in water-stressed triticale (*Triticosecale* Wittmack) and wheat (*Triticum aestivum* L.) during vegetative stage. Cer. Res. Comm. 28: 387-394.
- MARTÍNEZ R., O. A. 1991. Remojo de semillas de nogal (*Carya illinoensis* Koch) cv. Riverside en la propagación de patrones. Resumen del XII Congreso de Fitogenética. p. 98.
- NOBEL, P. S. 2001. Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*, pp. 13-20. In: Cactus (*Opuntia* spp.) as Forage, MONDRAGÓN-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. (eds.) FAO. Rome, Italy.
- REYES A., J. A.; AGUIRRE R., J. R. 1998. Etnobotánica de *Opuntia* en el altiplano meridional. Proyecto de Investigación. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 18 p.
- REYES A., J. A.; AGUIRRE R., J. R. 2000. Formato para la descripción morfológica de variantes silvestres y cultivadas de *Opuntia*. XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética y Universidad Autónoma de Guanajuato, Irapuato, Gto., México. 262 p.
- SAS. 1988. SAS User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA. 524 p.