

# Estudio cromosómico y análisis cariotípico en especies de Opuntia

## Chromosomal study and karyotypic analysis in Opuntia species

Francisca Ramírez-Godina<sup>1</sup>, Valentín Robledo-Torres<sup>2</sup>, Leticia Escobedo-Bocardo<sup>1</sup>, Norma Leticia Portos-Gaona<sup>1</sup>

E-mail: varoto@prodigy.net.mx

<sup>1</sup>Depto. de Fitomejoramiento, <sup>2</sup>Depto. de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coah., México. C.P. 25315.

### Abstract

Chromosomal behavior was analyzed in mitotic metaphases of root tips of six Opuntia cultivated species. The species studied were Opuntia amyclaea, O. hyptiacantha, O. megacantha, O. ficus indica, O. robusta, and O. engelmanni. All the species were octaploid, with  $2n=8X=88$ , the basic number is  $X=11$ , presented too very small chromosomes, usually observed in polyploid plants, with asymmetric karyotypic and few differences in the chromosomes length, due to the predominance of metacentric and submetacentric chromosomes and one or two subtelocentric chromosomes. The three species Opuntia amyclaea, O. ficus indica and O. robusta exhibited more symmetric chromosomal behavior. All studied species exhibited similarity of the karyotypes, supported their likeness taxonomic narrow.

**Key words:** metacentric, chromosomes, metaphases, karyotype, octaploid.

### Resumen

Se analizaron las características cromosómicas en metafases mitóticas de ápices radiculares de seis especies cultivadas, las cuales fueron: Opuntia amyclaea, O. hyptiacantha, O. megacantha, O. ficus indica, O. robusta, y O. engelmanni. En todos los casos tuvieron 88 cromosomas:  $2n=8X=88$  (octaploides), de acuerdo al número básico de  $X=11$ , además presentaron cromosomas muy pequeños, lo cual es común en poliploides; un cariotipo moderadamente asimétrico y pocas diferencias en tamaño de sus cromosomas, debido a la predominancia de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos, y uno o dos pares de subtelocéntricos. Las especies más simétricas fueron: Opuntia amyclaea, O. ficus indica y O. robusta. Tomando en cuenta las características cromosómicas de las especies estudiadas, se advierte la similitud de los cariotipos entre las seis especies cultivadas de Opuntia, lo que sustenta su estrecha afinidad taxonómica.

**Palabras clave:** metacéntrico, cromosomas, metafase, cariotipo, octaploide.

## Introducción

En el norte de México, el nopal es un recurso muy valioso para los habitantes de las zonas áridas y semi-áridas, ya que es una de las pocas plantas que puede utilizarse, durante todo el año, para la alimentación humana en forma de cladodios (nopalitos) y fruto (tuna), o como alimento para el ganado, en especial en épocas de sequía (Elizondo et al., 1988). Sin embargo, este género presenta un gran polimorfismo, el cual se observa al estudiar las variaciones fenotípicas en poblaciones silvestres y cultivadas, en las zonas áridas y semi-áridas de México (Pimienta 1993; 1994). Se cree que una de las causas de estas variaciones es el frecuente flujo genético natural entre diferentes especies del subgénero *Opuntia* (Gibson y Nobel, 1986), ya que es común que coincidan los períodos de floración en las poblaciones silvestres y cultivadas; además, algunas formas de nopal comparten polinizadores y las barreras de hibridación entre distintas especies pueden separarse fácilmente (Ferrucci y Solís 1997), lo cual provoca que el proceso evolutivo de *Opuntia* puede ser por hibridación entre distintas especies, seguido por el incremento de ploídia, lo que genera especies alopoliploides (Pimienta, 1993, 1994; Muñoz et al., 1995)

Estudios cromosómicos realizados en algunas especies de *Opuntia*, apoyan el número básico de cromosomas ( $x=11$ ); además, presentan poliploidía, que va desde los diploides  $2n=22$ , hasta los octaploides  $2n=88$ . Se ha encontrado que existe una correlación positiva entre distribución y ploídia en las especies de *Opuntia* (Grant 1982). La poliploidía es importante, ya que da como resultado cambios en la norma de reacción del genotipo, lo cual permite una mayor flexibilidad ecológica.

Debido a la gran importancia de esta especie en Coahuila y a la poca información básica sobre aspectos genéticos que auxilien al mejoramiento de las especies de nopal por medio de hibridaciones, se plantearon los siguientes objetivos: determinar el número cromosómico y los niveles de ploídia de especies cultivadas del género de *Opuntia*, en el estado de Coahuila en México; desarrollar el carotipo cromosómico en el mismo estado.

## Metodología Experimental

Las especies cultivadas que se analizaron fueron: *Opuntia amyclaea*, *O. hyptiacantha*, *O. megacantha*, *O. ficus indica*, *O. robusta*, *O. engelmanni*. Los cromosomas mitóticos se estudiaron en ápices de raíces de cladodios que se pusieron a germinar en vermiculita, con la técnica del proceso enzimático (Jewell et al., 1994); los ápices radiculares se cortaron de 8:30 a 9:30 a. m., ya que fue la hora en que se encontró división mitótica; las raíces se pretrataron con paradiclorobenceno durante tres horas y se fijaron en solución farmer, durante 24 h; posteriormente se lavaron tres veces con agua destilada, en intervalos de 30 min. Enseguida los meristemos se pasaron a HCl 0.1 N, durante 15 min y se

lavaron en agua destilada, después se metieron en una solución de buffer de citratos, durante 30 min, para luego pasar los ápices a una solución de enzimas (celulosa y pectoliasa) en baño maría, a 37 °C, durante 60 min, para luego enjuagarlos y dejarlos en agua destilada.

Para su observación, los meristemas se dispersaron con una aguja curva sobre un portaobjetos y se enjuagaron con fijador farmer. Para estudiarlos, al microscopio se le colocó una gota de carmín y un cubreobjetos. Los conteos cromosómicos se hicieron en 20 metafases mitóticas por material; el análisis se hizo en un microscopio compuesto Carl Zeiss en 100X, y con apoyo de microfotografía.

Para la confección de los cariotipos (Levan y Sandberg 1964) de las especies, se seleccionaron las cinco metafases que mejor exhibían las características cromosómicas; sobre la foto se midió la longitud de los cromosomas en milímetros, con la ayuda de un vernier; posteriormente se recortaron los cromosomas y se hizo el arreglo en orden decreciente, por longitud, numerándolos progresivamente y clasificándolos de acuerdo a la posición del centrómero. Las mediciones se hicieron sobre la foto, primero en milímetros; posteriormente se convirtió a la escala correspondiente en micras.

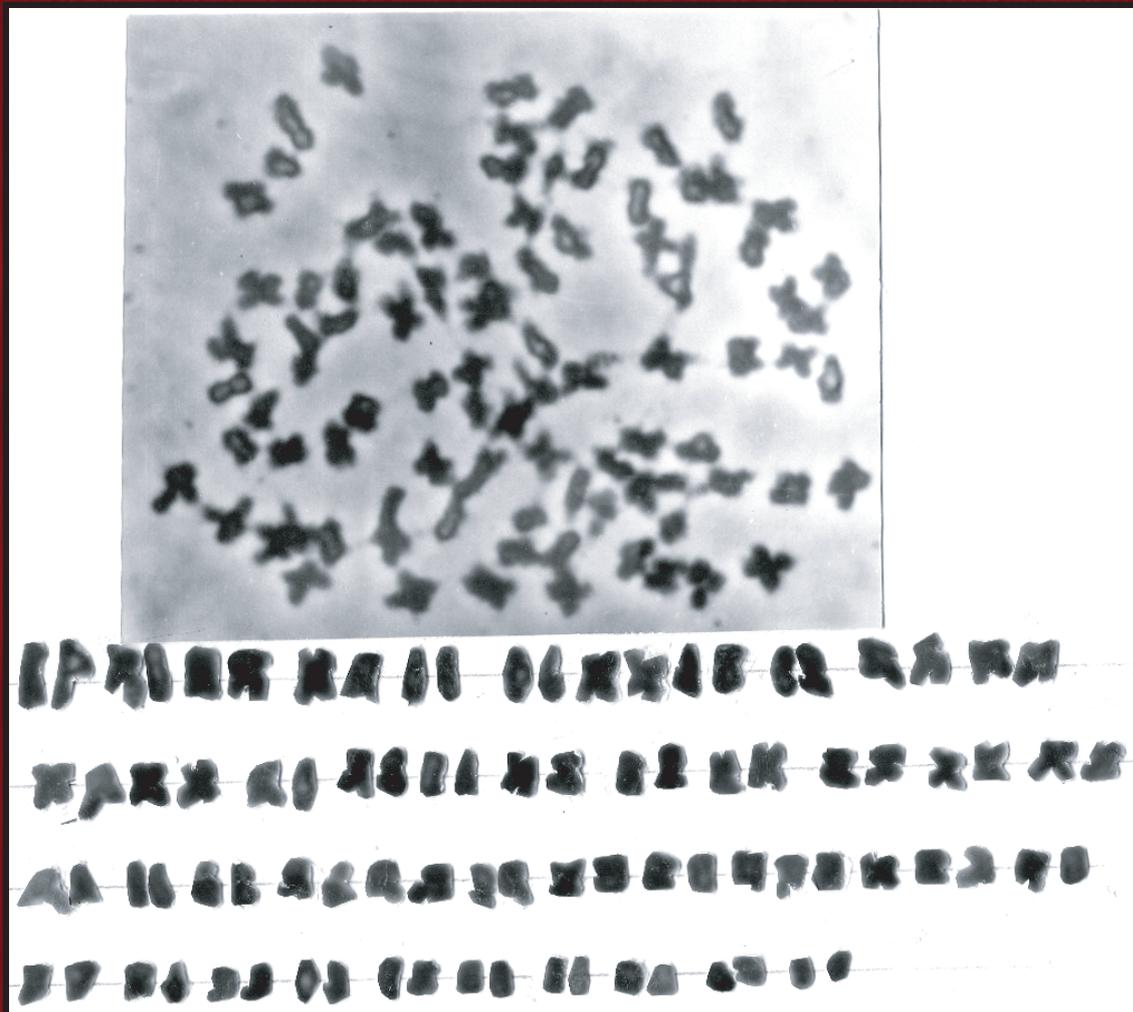
## **Resultados y Discusión**

Se obtuvieron 20 campos cromosómicos para conteos y se seleccionaron cinco metafases por especie, para fotografiarlas, amplificarlas e imprimirlas, con el propósito de hacer el análisis cariotípico. En todos los casos presentaron 88 cromosomas  $2n=8X=88$  (octaploides), de acuerdo al número básico de  $X=11$ . A partir del arreglo cromosómico, la especie que presentó los cromosomas más pequeños fue la *O. Robusta*, con un rango de 2.95-1.82 micras, y la que presentó los más grandes fue *O. ficus indica*, con un rango 3.98-2.87 micras (Figura 1).

**Cuadro 1.** Especies estudiadas, número cromosómico, fórmula cariotípica, longitud total del complemento haploide (LTC), longitud cromosómica media (LM), rango de variación y nivel de ploidía

<b>Especie</b>	<b>2N</b>	<b>Fórmula Cariotípica</b>	<b>LTC m</b>	<b>LM m</b>	<b>Rango m</b>	<b>Nivel De Ploidía</b>
<i>O. amyclaea</i>	88	72m+14sm+2st	60.62	2.75	3.85-2.37	Octaploide
<i>O. hyptiacantha</i>	88	66m+20sm+2st	60.21	2.73	3.08-1.93	Octaploide
<i>O. megacantha</i>	88	68m+18sm+2st	61.04	2.77	3.98-2.79	Octaploide
<i>O. ficus indica,</i>	88	70m+16sm+2st	61.39	2.79	3.98-2.87	Octaploide
<i>O. robusta</i>	88	72m+12sm+4st	59.99	2.72	2.95-1.82	Octaploide
<i>O. engelmanni</i>	88	68m+16sm+4st	60.19	2.73	3.06-1.95	Octaploide

Respecto a los resultados del análisis cromosómico, las seis especies presentaron cromosomas muy pequeños, lo que está de acuerdo con lo esperado en plantas poliploides, un cariotipo moderadamente asimétrico y pocas diferencias graduales en el tamaño de sus cromosomas, debido a la predominancia de cromosomas metacéntricos y submetacéntricos, y a uno o dos pares de subtelocéntricos. Las especies más simétricas fueron: *Opuntia amyclaea*, *O. ficus indica* y *O. robusta*, y las moderadamente asimétrico: *O. Hyptiacantha*, *O. megacantha* y *O. Engelmanni*. Tomando en cuenta las características cromosómicas de las especies estudiadas, se advierte la similitud de los cariotipos de las seis especies cultivadas de *Opuntia* (Cuadro 1), lo que sustenta su estrecha afinidad taxonómica (Solís y Ferrucci 1998).



**Figura 1.** Metafase mitótica 100X de la especie *Opuntia amyclaea*, que representa a las seis especies analizadas, y cariotipo de sus 88 cromosomas ordenados en pares, de acuerdo a su tamaño.

### Conclusiones

Las seis especies que se estudiaron fueron octaploides  $2n=8X=88$ ; estas especies son de uso comercial y pueden deber parte de sus características deseables a su alto nivel de poliploidía. La similitud encontrada entre los cariotipos de las diferentes especies analizadas, respalda la posición taxonómica del género *Opuntia*. Con estos datos se tiene la caracterización citológica del género *Opuntia*, lo cual será de utilidad para estudios taxonómicos y biosistemáticos posteriores.

## Literatura Citada

- Elizondo E., J.L.; J.J: López G.; J. Dueñez A: 1988. El Género *Opuntia* y su distribución en el estado de Coahuila. In: Resúmenes de la 2ª Reunión Nacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 35.
- Ferrucci M. S., Solís Neffa V. G., 1997 .*Bol. Soc. Argent. Bot.*, 33(1-2): 77-83.
- Grant, V. 1982. Natural pentaploids in the *Opuntia lindheimeri-phaeacantha* group in central Texas *Bot. Gaz.* 140 (2): 208-215.
- Gibson, A., C.; P. Nobel, S. 1986. *The Cactos Primer*. Harvard University Press Cambridge Massachusetts. U.S.A. 286 p.
- Jewell David C. y Islam-Faridi N. 1994. A Technique for somatic chromosome preparation and c-banding of maize. pp. 484-493. In: *The maize handbook*. Walbot M. Freeling V. Spring. (Eds.), Vorlang, N.Y. USA.
- Muñoz U., A.; A. García V.: E. Pimienta B. 1995. Relación entre el nivel de ploidía y variables anatómicas fisiológicas de especies silvestres y cultivadas de nopal tunero. *Memorias del 6º Congreso Nacional y 4º Congreso Internacional*, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. México.
- Levan A., Fredga K.; Sandberg A. A. 1964. *Hereditas* 52(2): 201-220.
- Solís Neffa V. G.; Ferrucci M. S., 1998.*Bol. Soc. Argent. Bot.* 33(3-4): 185-190.
- Pimienta B., E. 1993. El nopal (*Opuntia* spp.); una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. *Ciencia* 44: 339-350.
- Pimienta B., E. 1994. Prickly pear (*Opuntia* spp.): A valuable fruit Crop for the semi-arid Landas of Mexico. *Journal of arid Environments* 28: 1-11.