

El futuro del nopal y sus frutos, xoconostles y tunas

Eguiarte Fruns Luis E.¹

Reseña: Calva V. & Larson J., coordinadores. 2008. *Nopales, tunas y xoconostles*. Comentuna, Red Nopal y Conabio. México, D.F., México.

Reseña: Scheinvar L. S. Filardo Kers-tupp, G. Olalde Parra, P. Zavaleta Beckler. 2009. *Diez especies mexicanas productoras de xoconostles: Opuntia spp. y Cyllindropuntia imbricata (Cactaceae)*. Instituto de Biología, UNAM, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D.F., México. 179 páginas. ISBN 978-607-2-00058-2.

¡Buenas noticias para todos los amantes del nopal! Diferentes avances moleculares y a nivel de organismo (principalmente florísticos y de inventario) nos indican que, por fin, vamos a entender a éste complejo género. Antes de revisar las dos obras de esta reseña, quiero presentar el problema y los avances genéticos.

El problema es el siguiente. En *Opuntia* se han descrito una gran cantidad de especies. Por ejemplo, Anderson (2001) reconoce 181 y Scheinvar et al. (2009) mencionan más de 200, y tan sólo para México, Guzmán et al. (2003) aceptan 83 especies. Aunque no es el género con más especies de la familia (este honor correspondería a *Mammillaria*, con 306 especies (Villaseñor 2004), 173 especies en México (Guzmán et al. 2003), *Opuntia* es el género

de cactáceas con una distribución más amplia, con especies desde Canadá hasta el sur de Argentina incluyendo las islas del Caribe y las Galápagos. Su estudio ha sido complicado por varias razones: a) El género, aunque relativamente fácil de distinguir de otros linajes de cactáceas, tiene pocos caracteres morfológicos claros para separar especies: todas son similares, con pencas, flores y frutos relativamente parecidos. b) Los individuos tienen una gran plasticidad (un mismo genotipo produce diferentes fenotipos en condiciones ambientales distintas), y existen pocas o nulas barreras al flujo génico entre especies, por lo que existen muchos híbridos. c) La propagación clonal es común, lo que puede ayudar a la confusión (ya que una clona exitosa podría parecer una especie diferente). d) Es un género muy reciente como vamos a ver abajo, por lo que es natural que las especies se parezcan, tanto en su morfología como en sus marcadores moleculares. e) Por su importancia alimenticia fue movido por los habitantes de Mesoamérica desde tiempos muy tempranos y seleccionado activamente, por lo que sus patrones de distribución actuales y su evolución han sido distorsionados por este manejo y domesticación.

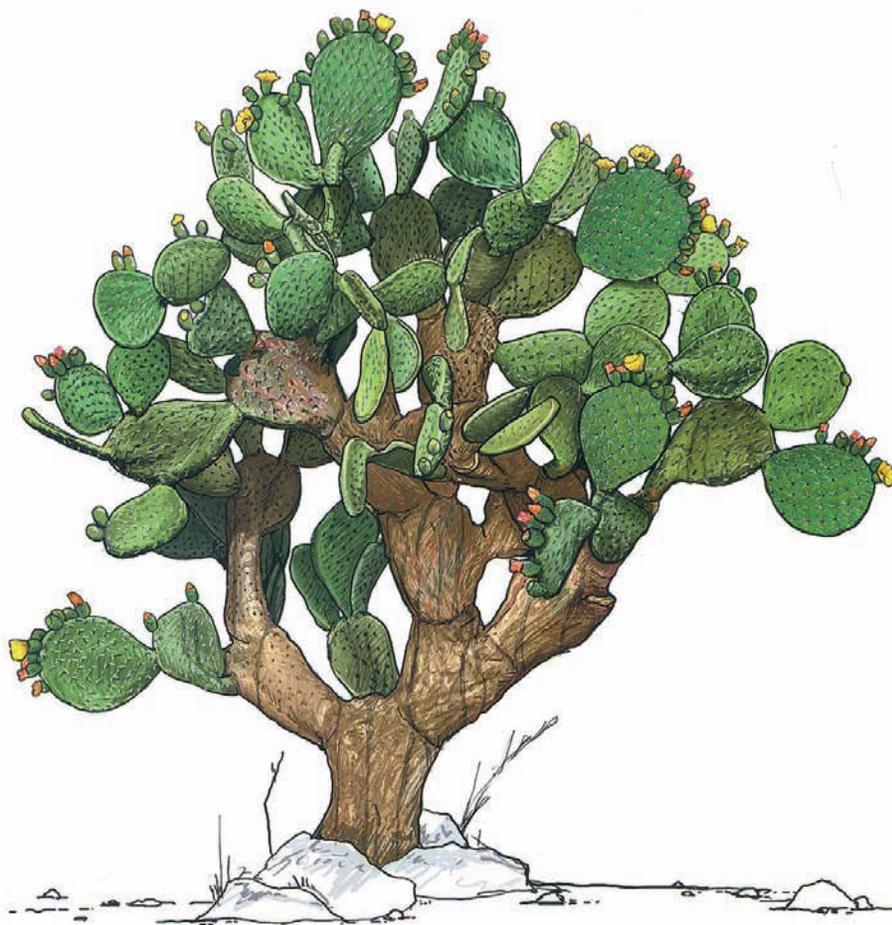
Pero pasemos a las buenas noticias moleculares. Recientemente se han implementado diferentes marcadores moleculares que prometen ayudarnos de una buena vez por todas a entender bien las relaciones

¹ Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo e: fruns@servidor.unam.mx

filogenéticas entre los géneros y especies de cactáceas. Por ejemplo, Hernández- Hernández *et al.* (2011), usando cuatro regiones del cloroplasto y un gen nuclear (ppc), con un total de 6,148 pares de bases, lograron una buena resolución de toda la familia Cactaceae, incluyendo 224 especies, que representan la mayoría (85%) de los géneros de la familia. El trabajo incluye una interesante reconstrucción de las formas y hábitos de crecimiento de una parte de la familia, y muestra una clara separación, con valores de bootstrap en un análisis de ML del 100%, entre los parientes de nopal de pencas planas (a veces llamados “Platyopuntias”, donde se encuentra *Opuntia sensu stricto* y *Nopalea* entre otros linajes) y los de tallos cilíndricos (“*Cylindropuntias*”, incluyendo a *Cylindropuntia* y a *Grusonia*, por ejemplo). Un detallado estudio por parte de Griffith y Porter (2009) empleando también un gen nuclear (ITS en este caso) y sólo una región del cloroplasto (trnL-trnF) en un análisis de 110 ejemplares de Opuntioideae, ya había sugerido esta separación de los parientes del nopal, con muy altos valores de soporte Bayesiano. En su tesis de doctorado, Tania Hernández (2010) propone, en un análisis preliminar usando su base de datos mencionada arriba, que los diferentes linajes actuales de Opuntioideae se separaron hace poco más de 5 millones de años, y que en particular el grupo de las Platyopuntias (donde están los nopales verdaderos) radiaron hace apenas unos 2 millones de años. Estas fechas deben de ser tomadas por el momento como sugerencias preliminares, pero nos hablan de que realmente muchas especies de nopales son muy cercanas.

Esta cercanía evolutiva ha hecho que muchos análisis moleculares previos para

Opuntia sean ambiguos o poco útiles (ya que no han tenido tiempo de divergir molecularmente), pero recientemente, ha habido también avances importantes que sugieren que se pueden hacer análisis poblacionales, no solo filogenéticos, con éxito. Por un lado, desde el 2007 Helsen *et al.* diseñaron primers para 16 loci de microsátelites nucleares, que han sido usados hasta la fecha en dos estudios. Con 10 de estos loci, Helsen *et al.* (2009a), analizaron 30 individuos de dos variedades y supuestos híbridos de *Opuntia echios* de Isla Santa Cruz, en las Islas Galápagos (var. *echios* y var. *gigantea*). Encontraron elevada variación genética en la especie (223 “bandas” (no las llaman alelos, al ser hexaploide la especie)), y estructura (diferenciación) genética entre las dos variedades (aunque débil), y que los supuestos híbridos realmente no parecen ser tales. En otro estudio, Caruso *et al.* (2010) utilizaron 62 plantas de 16 especies de *Opuntia*, en un esfuerzo por entender las relaciones entre las cultivadas en Italia (usualmente clasificadas como *O. ficus indica*) y las más comunes en México, cultivadas tanto como nopalitos y tunas y como para xoconostles (tunas agrias, ver abajo). Analizaron 6 de los primers de Helsen *et al.* (2007) y desarrollaron otros 2 a partir de secuencias de EST. Estos primers amplificaron entre 7 y 33 alelos cada uno, con un promedio de 16.9 alelos por locus. De las colectas en Italia, encontraron que prácticamente todas eran idénticas entre si o muy parecidas, mientras que las mexicanas eran muy diferentes, especialmente las especies utilizadas en la producción de xoconostles, como veremos más adelante (i.e., *O. oligacantha*, *O. elizondoana*, *O. oligacantha*, *O. leucotricha* y *O. joconostle*). Aunque se complica el análisis debido a las diferencias en ploidia de las



nopales, tunas y xoconostles

Consejo Mexicano de Nopal y Tuna, A.C. / Red Nopal / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
MÉXICO 2008

especies (que van de diploides a octaploides), realizan un análisis elegante y convincente, si bien los resultados muchas veces no corresponden con los tratamientos morfológicos tradicionales.

Y, en un estudio filogeográfico para las seis especies de *Opuntia* de las Galápagos, Helsen *et al.* (2009b), con 240 individuos y el espaciador trnT-trnL del cloroplasto y secuencias nucleares del ITS y del gen de copia única PhyC, obtuvieron 4 haplotipos para el cloroplasto, 9 haplotipos para el ITS y 18 par el gen PhyC, con los que pudieron detectar estructura filogeográfica, aunque en algunos casos no correspondía exactamente con las especies previamente descritas.

En resumen, en el frente molecular tenemos muy buenas noticias que indican que con el uso de los loci de microsatélites que ya están disponibles, junto con secuencias de genes nucleares y de cloroplasto, por fin se podrá analizar con éxito las relaciones entre las numerosas especies de *Opuntia* de México y así vamos a entender bien los límites de las especies y su dinámica micro-evolutiva!

Las otras buenas noticias es que para varias de las especies de interés comercial ya tenemos buenos inventarios, bases de datos georreferenciadas y amplios conocimientos agronómicos y botánicos y buenas

colecciones de germoplasma y de herbario, como demuestran las dos excelentes obras que revisamos en estas páginas.

En orden cronológico, la primera es el mapa coordinado por Calva y Larson y publicado en el 2008. Este trabajo representa otro de los atractivos mapas de una serie editada por la Conabio sobre los recursos biológicos de México, donde no sólo se ilustra su distribución, sino que se analizan y definen aspectos importantes de la morfología, usos y aspectos taxonómicos de las especies que tratan, como explicamos en estas páginas para el mapa del género

Diez especies mexicanas productoras de xoconostles: *Opuntia* spp. y *Cylindropuntia imbricata* (Cactaceae)



Léia Scheinvar
Santiago Filardo Kerstupp
Gabriel Olalde Parra
Patricia Zavaleta Beckler

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

MÉXICO 2009

Agave (Larson 20007; ver Eguiarte 2007). Este nuevo mapa, al estar doblado, permite que la parte posterior se use como 8 páginas. La primera es la portada, que con una ilustración de una planta típica del género *Opuntia*. Las dos siguientes páginas, usando gran cantidad de figuras, mapas y gráficas, se muestran las partes de la planta de nopal (pencas, flores, espinas, etc.), se dan sus nombre en náhuatl y ñahñu y describen las diferencias entre una tuna y un xonocostle o tuna ácida y aspectos de su fisiología. Con mapas y gráficas se ilustran las regiones de mayor producción de nopalitos, tunas y xonocostles en México, que corresponden a un “eje del nopal”, que va del centro de Durango al sur de Puebla, cruzando así el centro de México, donde el Estado de México encabeza la producción de tunas y xoconostles, mientras Milpa Alta, en el DF, sería el principal productor de nopalitos en el mundo. También se incluyen datos de su cultivo y consumo en todo el mundo, donde Perú, Italia y Sudáfrica tienen una importante producción.

En las siguientes cuatro páginas se ilustra, de manera muy sintética pero rica en información, aspectos de su taxonomía y nomenclatura, se da un mapa con la diversidad del género en México, y se describe su domesticación y sus usos, apoyados con diferentes dibujos y excelentes fotografías.

Toda la parte central la ocupa un gran mapa de México, donde se muestra la distribución de 33 especies de *Opuntia*, usando diferentes símbolos y colores para cada taxa. Desafortunadamente, yo siento que son demasiados símbolos/especies, y se pierden en el mapa debido en parte a que se usa como fondo la orografía del país. También se ilustran con buenos dibujos las características de 11 especies importantes

en la producción. La última página corresponde a las referencias bibliográficas y a las fuentes de los diferentes datos usado en los mapas y gráficas.

La segunda obra que revisamos hoy es el libro de Scheinvar *et al.* (2009), mismo que siento que ocupa dos nichos al mismo tiempo. Por un lado, es una auténtica mini-enciclopedia del nopal, donde se tratan todo tipo de aspectos biológicos, históricos y agronómicos del género, sintetizando la extensa experiencia que tienen los autores sobre el tema. Por el otro, es una cuidadosa revisión de, como su nombre lo dice, diez especies que producen a las tunas ácidas.

El libro está muy bien impreso y presentado, con 196 figuras, la mayoría fotos de las plantas y sus estructuras anatómicas, muchas al microscopio de barrido, y además incluye mapas con las distribuciones de las especies y tablas con diferentes datos, entre los que destacan detallados análisis nutricionales (bromatológicos).

Así, la obra responde a un creciente interés no solo por los nopales y tunas, tanto por sus propiedades médicas como por su importancia en la cocina tradicional mexicana, sino al reciente auge que están teniendo los xoconostles en la nouvelle cuisine Mexicana en diferentes lugares de moda. En las primeras páginas aprendemos que xoconostle viene del náhuatl: xoco, ácido y noxtle, tuna, y que estos frutos son estructuralmente diferentes de las tunas, ya que tienen una cáscara externa muy delgada, las frutas no se desprenden de las plantas al madurar y no son consumidos por las aves, y sus semillas se encuentran en el centro del fruto. Además, los autores sugieren que representan un grupo posiblemente emparentado filogenéticamente.

Se analizan con detalle los siguientes cuatro taxa cultivados de los que se deriva la producción comercial de xoconostles: *O. leucotricha*, *O. joconostle*, *O. matudae*, *O. oligacantha*; y cinco especies de plantas silvestres productoras de este fruto, con potencial agronómico: *O. heliabravoana*, *O. spinulifera*, *O. zamudioi*, *O. elizondoana* y *O. durangensis*. Es importante recalcar que para varias de estas especies, Caruso *et al.* (2010) ya demostraron que se pueden analizar con éxito el juego de loci de microsatélites que ellos usan. El libro también incluye por el tipo de sus frutos a *Cylindropuntia imbricata*, conocida como cardón, cardenche o simplemente como cholla, aunque, como explicamos arriba, pertenece a otro clado de las Opuntioideae.

De esta manera, en los primeros capítulos se revisan tanto aspectos de la historia sobre el interés agronómico que ha habido en el género, como los congresos y reuniones que se han realizado sobre *Opuntia*, y datos detallados de las hectáreas sembradas en el mundo y en México. Adicionalmente se discuten datos sobre la ecología general del género junto con aspectos de su evolución y de la historia del nopal en el escudo nacional y la fundación de la Ciudad de México.

Para los xoconostles en particular, el libro se vuelve más técnico, incluyendo una clave dicotómica para reconocer a las especies analizadas en el libro y analizar con cuidado la nomenclatura de cada especie y sus caracteres taxonómicos y morfológicos, las localidades donde ha sido colectado y diferentes datos de su ecología, cariotipo y conservación. Para cada especie se presenta un mapa de los registros de herbarios e ilustraciones de las plantas en su ambiente natural, sus flores y fotografías de microscopio electrónico de

barrido de su epidermis, espinas y ahuates, estomas, polen y semillas, junto con un cuadro de los análisis nutricionales para diferentes partes de la planta de cada especie. Esta sección ocupa la mayor parte del libro y concluye con un resumen gráfico formado por una serie de fotos comparativas, donde se revisan, especie por especie, sus areólas, espinas, ahuates, etcétera.

Para terminar, se presenta una revisión más bien técnica de la agronomía del nopal, y escrito por otros autores (J. Olivares O., P. Zavaleta B., A. Chimal H., D. Montiel S., A. Fierro. y D. Ruiz J.) de la UAM-Xochimilco, donde se tratan las condiciones físicas óptimas para crecer estos nopales y se explica con mucho cuidado sus plagas y enfermedades y como controlarlas. La obra también incluye 11 recetas culinarias que usan xoconostle.

El libro es gráficamente muy atractivo, y tiene mucha información de interés tanto para el botánico intrigado por las plantas suculentas, como para el agrónomo involucrado en la producción del nopal y de xoconostle y para el público interesado en este grupo de plantas y en el uso de esta intrigante fruta. A mi me hubiera gustado que se incluyeran más datos sobre la ecología y evolución de la dispersión de los frutos en *Opuntia* y un uso más formal de toda la abundante información morfológica de los tratamientos en cada especie; creo que se podría intentar con esta abundante información un análisis formal tipo taxonomía numérica (mismo que se sugiere al usar los datos comparativos del análisis bromatológico en la construcción de un dendrograma de la Figura 12, pero en el análisis no se usa ningún otro carácter ni pretende ser un acercamiento a la filogenia), o un análisis cladista formal, aunque entiendo la preocu-

pación de que tal vez estas nueve especies de *Opuntia* no sea un grupo natural.

También tengo la impresión de que el libro tiene un precio muy alto, debido en parte a su alta calidad de impresión, empastado y su tiraje reducido. Espero que en el futuro se pueda hacer una edición en portada blanda, tal vez en papel menos elegante, que permita su venta a un precio más accesible y así llegue a un público más amplio.

En conclusión, estas dos obras, junto con los avances moleculares, son muy buenas noticias y nos permiten sugerir que debe de iniciarse de inmediato un programa con amplios recursos y liderazgo para el estudio genómico y evolutivo de estas importantes especies, ya que no sólo son recursos alimenticios muy importantes, sino que junto con los agaves definen el paisaje y la esencia de México, por lo que este programa de investigación debería de ser una prioridad nacional.

Literatura citada

- Anderson EF. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press, Portland, Oregon, EUA.
- Caruso M, Curró S, Las Casas G, La Malfa S & Gentile A. 2010. Microsatellite markers help to assess genetic diversity among *Opuntia ficus indica* cultivated genotypes and their relation with related species. *Plant Syst Evol* **290**:85–97.
- Eguiarte LE. 2007 ¿Qué es un mezcal? Reseña de Larson, J. (Coordinador). 2007. Agave: Mezcales y diversidad. Segunda edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de las Biodiversidad, México. *Cact Suc Mex* **52**:25–28.
- Griffith M & Portery MJ. 2009. Phylogeny of Opuntioideae (Cactaceae). *Int J Plant Sci* **170**:107–116.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2004. *Catálogo de Cactáceas Mexicana*. UNAM y CONABIO, México, D.F., México.
- Helsen P, Verdyck P, Tye A, Desender K, Van Houtte N & Van Dongen S. 2007. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers in Galapagos prickly pear (*Opuntia*) cactus species. *Mol Ecol Notes* **7**:454–456.
- Helsen P, Verdyck P, Tye A & Van Dongen S. 2009. Low levels of genetic differentiation between *Opuntia echios* varieties on Santa Cruz (Galápagos). *Plant Syst Evol* **279**:1–10.
- Helsen P, Browne RA, Anderson DJ, Verdyck P & Van Dongen S. 2009. Galápagos' *Opuntia* (prickly pear) cacti: extensive morphological diversity, low genetic variability. *Biol J Linnean Soc* **96**:451–461.
- Hernández Hernández T. 2010. *Radiaciones evolutivas de linajes de plantas suculentas en el orden Caryophyllales, con énfasis en la familia Cactaceae*. Tesis de Doctorado, Programa Ciencias Biológicas, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.
- Hernández-Hernández T., Hernández HM, De-Nova JA, Puente R, Eguiarte LE & Magallón S. 2011. Phylogenetic relationships and evolution of growth form in Cactaceae (Caryophyllales, Eudicotyledoneae). *Am J Bot* **9**:44–61.
- Villaseñor JL. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flor de México. *Bol Soc Bot Méx* **75**:105–135.

Recibido: octubre 2010; aceptado: diciembre 2010.
Received: October 2010; accepted: December 2010.