

## Distribución geográfica del género *Ariocarpus* Scheidweiler (Cactaceae)

Aguilar-Morales Gisela<sup>1</sup>, Martínez-Peralta Concepción<sup>1</sup>, Feria-Arroyo Teresa Patricia<sup>2</sup>,  
Golubov Jordan<sup>3</sup> & Mandujano María C.<sup>1\*</sup>

### Resumen

Describimos la distribución conocida y potencial de las especies del género *Ariocarpus*. Todas las especies están en alguna categoría de riesgo de extinción, listadas en la Norma Oficial Mexicana, en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). La única especie que se ha registrado en alguna Área Natural Protegida es *A. fissuratus*; el resto de las especies se localiza en propiedades privadas o ejidales sin ninguna protección. Las especies tienen distribuciones restringidas, siendo *A. agavoides*, *A. bravoanus* y *A. scaphiostriis* las más limitadas; *A. fissuratus* y *A. retusus* presentan las distribuciones más amplias del grupo, mientras que *A. kotschoubeyanus* tiene la distribución más sureña. Las poblaciones de estas especies endémicas están amenazadas principalmente por la colecta ilegal y el cambio de uso de suelo. Es urgente desarrollar estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* para las especies de este género; asimismo, programas de uso sustentable de estas especies ayudarían a atenuar la demanda de estas plantas.

**Palabras clave:** Cactaceae, conservación, distribución potencial, especies raras, extinción.

### Abstract

We described the geographic and potential distribution of the species of the genus *Ariocarpus*. All seven species are listed in international (IUCN and CITES) and Mexican (NOM-059) endangered species lists. The potential distribution was based on herbarium data collections, field trips, and species distribution models. Only *A. fissuratus* occurred in natural protected areas; the remaining species occur in private or common properties without protection. All species are distributed in the Chihuahuan desert, showing a limited range in the potential distribution. *A. agavoides*, *A. bravoanus*, and *A. scaphiostriis* display the smallest distribution ranges with only one known locality; thus, potential distributions could not be obtained. *A. fissuratus* and *A. retusus* are distributed along large areas, while *A. kotschoubeyanus* has the southernmost distribution. Populations of these endemic species are mainly threatened by illegal collection and land use change. We urge the development of *in situ* and *ex situ* strategies to maintain these species; additionally, developing of programs of sustainable use for *Ariocarpus* may provide plants to satisfy national and international demand.

**Key words:** Cactaceae, conservation, geographic range, potential distribution, rare species.

<sup>1</sup> Departamento Ecología de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. Apartado Postal 70-275, 04510 D. F., México.

<sup>2</sup> Department of Biology, Laboratory of Landscape Ecology, University of Texas–Pan American, 1201 W. University Drive, Edinburg, TX 78541 USA.

<sup>3</sup> Departamento El Hombre y su ambiente-CBS-Universidad Autónoma Metropolitana-X. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, México, D.F.

\* Autor de correspondencia: mcmandu@ecologia.unam.mx

## Introducción

La familia Cactaceae es endémica de América y con una amplia diversidad específica, sus especies son fundamentales en los procesos de supervivencia de insectos y vertebrados en zonas áridas y semiáridas. Dentro de esta familia, morfológicamente diversa y fisiológicamente especializada para tolerar sequías (Gibson & Nobel 1986), son bien reconocidas tres subfamilias: Cactoideae, Pereskioideae, Opuntioideae, y una cuarta propuesta, pero no ampliamente aceptada, Maihuenoideae (Anderson 2001; Gibson & Nyffeler 2002; Hunt *et al.* 2006), dado su poco soporte a nivel molecular (Hernández *et al.* 2011). La familia concentra aproximadamente 2000 especies y el grupo más numeroso de especies (*ca.* 1233) se encuentra en la subfamilia Cactoideae (Anderson 2001; Barcnas *et al.* 2011), en la cual se han clasificado 105 géneros, entre ellos el género *Ariocarpus* Scheidweiler. *Ariocarpus* está clasificado dentro de la tribu Cacteeae. Esta tribu está representada por las formas de vida tipo biznaga y globosas, y concentra *ca.* 27% de especies de las cactáceas. Esta tribu se distribuye en la zona que comprende México y el Suroeste de los Estados Unidos, la cual se considera el principal centro de diversificación de las cactáceas en Norteamérica (Anderson 2001; Barcnas *et al.* 2011). *Ariocarpus*, como muchos otros taxa de distribución restringida, es sensible a las perturbaciones de su hábitat natural y en consecuencia es vulnerable a la extinción. Varios de los representantes del género son importantes a nivel científico, cultural y económico (Bravo-Hollis 1979).

El mundo de la cactofilia ha estado al pendiente desde hace mucho de los *Ariocarpus*, para muchos, lo más raro y precioso que hay dentro de las cactáceas, en parte por sus

Hugo Altamirano



FOTO 1. *Ariocarpus agavoides* en floración en el Municipio de Tula, Tamaulipas, México.

Mauricio Torres



FOTO 2. Individuo adulto de *Ariocarpus bravoanus* con flor en Núñez, San Luis Potosí, México.



FOTO 3.  
*Ariocarpus fissuratus*  
en época de floración,  
Cuatrociénegas,  
Coahuila, México.

Concepción Martínez

formas caprichosas, lo atractivo de sus flores, su lento crecimiento y su distribución restringida. La etimología de *Ariocarpus* es algo confusa pues según algunos proviene del gr. ‘aria’ – sorgo y ‘karpos’ – fruto, por la forma del fruto. Pero es más convincente la teoría de que es una mala interpretación de ‘erion’ – lana, debido a la gran cantidad de lana que posee *Ariocarpus* en el ápice, de donde emergen los frutos (Eggle & Newton 2004).

El género *Ariocarpus* consiste de cinco a siete especies, dependiendo del autor. En este trabajo se utiliza la propuesta taxonómica de Anderson (1997) (seis especies), con una modificación con respecto a *A. retusus* y *A. trigonus*, que se aceptan como dos taxones de igual categoría siguiendo a Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991), Guzmán *et al.* (2003) y Anderson (1964). Las otras cinco especies son: *A. fissuratus*, *A. bravoanus*, *A. kotschoubeyanus*, *A. agavoides* y *A. scaphirostris*. Las siete especies de *Ariocarpus* son biznagas pequeñas, geófitas, tuberculadas, producen lana y presentan espinas en los estadios tempranos de desarrollo, en

estado adulto las espinas están ausentes. El periodo de floración es en otoño, las flores emergen del ápice, son radiales y con antesis diurna. Son polinizadas por abejas solitarias principalmente, aunque la abeja de la miel (*Apis mellifera*) también puede participar



Hugo Altamirano

FOTO 4. Individuo de *Ariocarpus kotschoubeyanus* con un botón previo a la antesis, Municipio de Tula, Tamaulipas, México.

como polinizador (Martínez-Peralta & Mandujano 2011). El fruto es una baya carnosa de color blanquecino, verde claro, rosa o rojo; al madurar se seca, permitiendo la liberación y la dispersión de las semillas por agua, viento u hormigas.

*Ariocarpus* es un género monofilético (Aguilar-Morales *et al.* en prep.; Bárcenas, Yesson & Hawkins 2011; Hernández *et al.* 2011) y es considerado endémico del desierto Chihuahuense *sensu lato*, ya que dos de sus especies han sido reportadas en zonas de transición o remanentes de los tipos de vegetación típicas del desierto a regiones florísticas adyacentes (*A. trigonus* y *A. kotschoubeyanus*). En consecuencia, la radiación del género pudo haber seguido la evolución del desierto Chihuahuense (Aguilar-Morales *et al.* en prep.). Los estudios taxonómicos previos documentan que los hábitats de las especies de *Ariocarpus* son distintos, pues la vegetación acompañante puede variar (Anderson 1964; Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991; López González & García Ponce 2004; Mandujano *et al.* 2007). Sin embargo, no se ha explorado a detalle la información geográfica ni las características de los sitios que habitan las especies de este género.

El conocimiento de la distribución geográfica de las especies de *Ariocarpus* permite dar apoyo al estudio de la evolución del género. Por lo tanto, en este trabajo se realizó una prospección basada en una revisión de la literatura, de ejemplares de herbario (MEXU y HINTON) y REMIB (Conabio), así como nuestras observaciones en campo, que nos permitiera concentrar y ordenar la información disponible, con el objetivo principal de tener un panorama claro de la distribución geográfica de las especies.

## Materiales y métodos

***Ariocarpus* Scheidweiler.** Bull. Acad. Sci. Brux. 5:491 (1838).

Descripción de las especies:

***Ariocarpus agavoides*** (Castañeda) E. F. Anderson  
Plantas pequeñas, globosas, emergen poco de la superficie del suelo. Su color es castaño verdoso; su altura varía entre 2 y 6 cm, y su diámetro entre 4 y 8 cm. Los tubérculos son escasos, largos y angostos; son erectos al principio, y más flácidos en el ápice, dando el aspecto de un agave. La areola florífera, la cual puede desarrollar espinas pequeñas, es distante del ápice del tubérculo. Las flores, de color magenta, emergen de los tubérculos jóvenes en el otoño y alcanzan los 4 cm de diámetro. Los frutos son globosos, inicialmente de color rosado hasta púrpura rojizo, pero adquieren tonalidades café cuando maduran. Las semillas son negras y tuberculadas. (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991; Foto 1).

***Ariocarpus bravoanus*** H.M. Hernández & E.F. Anderson

Plantas pequeñas, verde-grisáceas, crecen casi a nivel del suelo, de 3 a 9 cm de diámetro. Tubérculos aplanados, triangulares, que se proyectan ligeramente desde la base del tallo. Areolas variables, a veces son extensiones lanosas y a veces son pequeños brotes de lana. Flores de color magenta, de 4 a 5 cm de diámetro. Los frutos raramente se ven y son usualmente de color café claro. Distribución: San Luis Potosí (Anderson 2001).

Se distinguen dos subespecies: *bravoanus* (en el sur de San Luis Potosí) y *hintonii* (en el norte de San Luis Potosí; Foto 2), para fines de este trabajo se consideró el nivel de especie.

***Ariocarpus fissuratus*** (Engelmann) K. Schumann  
Es una cactácea subglobosa, cuyo diámetro puede alcanzar los 15 cm. Emerge poco del suelo y su color es verde parduzco o grisáceo. Crece en suelos calcáreos, de pendiente ligera y generalmente libres de vegetación densa. En los tubérculos

triangulares presenta fisuras, en las cuales crece una gran cantidad de tricomas, los cuales son más numerosos en el centro de la planta, dándole un aspecto lanoso. De este centro emergen las flores, insertas en los tubérculos más jóvenes. El periodo de floración es en otoño, con un pico de floración masiva en el mes de octubre que dura aproximadamente una semana. Las flores son de color rosa, pálido o encendido, viven generalmente dos días, miden entre 3 y 4 cm de diámetro y producen néctar. *A. fissuratus* depende de los polinizadores para producir semillas, de los cuales el más común es *Apis mellifera* o abeja europea, además de abejas nativas de los géneros *Diadasia*, *Lassioglossum* y *Perdita*, así como una especie de la familia Megachilidae. El fruto es seco, con una delgada pared blanquecina. Aunque el fruto rara vez emerge de la planta, una vez que las paredes se deshacen, las semillas son dispersadas por el agua. Hay registros de *A. fissuratus* en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Durango; aunque las poblaciones son densas, tienen una distribución restringida. (Martínez-Peralta 2007) (Foto 3).

***Ariocarpus kotschoubeyanus*** (Lemaire ex K. Schumann) K. Schumann

Planta geófito con tallo napiforme, cuya porción superior apenas emerge de la superficie del suelo; su diámetro varía entre 2 y 7 cm. Los tubérculos son de color verde oscuro, triangulares y aplanados en la superficie ventral, dispuestos en series espiraladas, aquillados en la parte dorsal y con un surco longitudinal lanoso, desde la punta hasta la base del tubérculo. Las areolas floríferas se ubican en la base de los tubérculos jóvenes, con abundantes tricomas, de modo que las flores emergen de la zona apical de la planta. Las flores miden entre 2 y 3 cm de diámetro. El color del perianto va desde blanco con la línea de los tépalos más oscura, hasta magenta, existiendo tonalidades intermedias. La floración es otoñal; en algunas poblaciones han sido reportados dos periodos

de floración. Los polinizadores, necesarios para la producción de semillas, son abejas nativas e introducidas, las cuales consumen néctar y colectan polen. El fruto es clavidorme, entre blanco y rosado. Las semillas son negras, de forma ovoide y con textura rugosa. Entre 4 y 5 meses después de la floración los frutos comienzan a deshacerse y las semillas son liberadas, aunque algunas permanecen entre los tubérculos de las plantas por meses o años. *A. kotschoubeyanus* crece generalmente en barriales, planicies inundables de suelo arcilloso; sin embargo, las poblaciones más sureñas se encuentran en colinas bajas con poca pendiente y suelos calcáreos y pedregosos. Esta especie se distribuye en Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas. Se le conoce con los nombres comunes de pezuña de venado y pata de venado. (Martínez-Peralta 2008) (Foto 4).

***Ariocarpus retusus*** Scheidweiler

El nombre vulgar de esta especie es chaute o peyote cimarrón. Las plantas son de 12 cm de altura, y 10 a 25 cm de diámetro, de color verde azulado o grisáceo. Tallos globosos, muy enterrados. Tubérculos muy triangulares, atenuados hacia el ápice. Areolas espiníferas en la punta de los tubérculos, areolas floríferas cerca de la axila de los tubérculos, lanosas. Flores de 4 a 5 cm de diámetro, y hasta 4.5 cm de longitud, segmentos exteriores del perianto blanquecinos, rosas pálidos o rosas, estambres numerosos, filamentos blanquecinos. Fruto ovoide de a 25 mm de longitud, blanco verdoso hasta rosado pálido (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991; Pilbeam & Weightman 2006). Según Guzmán *et al.* (2003) su distribución incluye los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Zacatecas (Foto 5).

***Ariocarpus scaphirostris*** Boedeker

Nombre vulgar es orejas de conejo, biznaga. Plantas pequeñas con tubérculos que sobresalen del suelo, color verde oscuro a café, de 4 a 9 cm

Concepción Martínez



FOTO 5. *Ariocarpus retusus* en una población de Miquihuana, Tamaulipas, México.

de diámetro. Los tubérculos son divergentes, más o menos triangulares, el doble de largos que de anchos, puntiagudos. Areolas ausentes cerca de las puntas. Las flores son magenta de 4 cm de diámetro, diurnas. Los frutos raramente se ven, son de color grisáceo y generalmente están entre los tubérculos (Anderson 2001). Las poblaciones de esta especie no son muy cuantiosas y con distribución restringida (Glass 1998). Enorme-

mente afectada por las actividades antrópicas y el saqueo ilegal (Guzmán *et al.* 2003). *Ariocarpus scaphirostris* es endémica de Rayones, Nuevo León. El valle en total mide alrededor de 50 km<sup>2</sup> y se encuentra a una elevación de 800 m (Anderson 2004; Mandujano *et al.* 2007). Herbario de Geo. B. Hinton, México - 1 ejemplar. La especie es encontrada sobre las láminas grises de piedra caliza esquistosa con material arcilloso entre

Concepción Martínez



FOTO 6. *Ariocarpus scaphirostris* con estructuras reproductivas en Rayones, Nuevo León, México.

ellas. La vegetación acompañante corresponde a matorral micrófilo con *Koeberlinia spinosa*, *Agave lechuguilla*, *A. striata*, *Cordia boissieri*, *Acacia* spp., *Echinocactus platyacanthus*, *Neolloydia conoidea*, *Prosopis glandulosa*, *Dasyllirion wheeleri*, *Euphorbia antisiphilitica*, *Jatropha dioica* y *Opuntia leptocaulis* (Anderson 1994) (Foto 6).

***Ariocarpus trigonus*** (Weber) K. Schumann  
Su nombre vulgar es chaute o chautle. Las plantas de esta especie sobresalen poco de la superficie del suelo, emergiendo solamente los tubérculos. El tallo es el más grande del género, de hasta unos 25 cm de altura y 30 cm de diámetro, de color verde amarillento, con el ápice muy lanoso. Tubérculos largamente triangular-prismáticos, agudos y erectos, areolas espiníferas ausentes. Flores apicales en las areolas floríferas en las axilas de los tubérculos jóvenes, de 3 a 5 cm de diámetro y 2.5 a 4 cm de longitud, segmentos exteriores del perianto, mucronados, de color amarillo. Fruto de 7 a 20 mm de longitud y 5 a 10 mm de diámetro, blanquecino o verdoso (Bravo-Hollis & Sánchez-Mejorada 1991). Distribución: Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas (Guzmán *et al.* 2003) (Foto 7).

#### **Delimitación geográfica de la distribución de *Ariocarpus***

Generamos una base de datos con registros de presencia de especies del género *Ariocarpus* a partir de a) material de los herbarios MEXU y HINTON, b) bases de datos de CONABIO (HYPERLINK "<http://www.conabio.gob.mx/>" "<http://www.conabio.gob.mx/>) y c) salidas a campo de 2007 a 2011 (Cuadro 1). Modelamos la distribución potencial de 4 de las 7 especies (3 tienen localidades únicas) con el programa Maxent ver 3.3.3k (Phillips *et al.* 2004) utilizando los parámetros de default (umbral de convergencia =  $10^5$ , iteraciones máximas = 500, valor de regularización  $\beta$  = auto), siguiendo lo sugerido por Phillips *et al.* (2006). Las capas ambientales que utilizamos fueron a escala 1:250,000 (edafología, evapotranspiración, isoter-



Concepción Martínez

FOTO 7. Individuo de *Ariocarpus trigonus* con flores, cerca del Río Chihue, Tamaulipas, México.

ma, isoyeta, región biogeográfica, temperatura [promedio mensual, mínima y máxima absoluta, mínima y máxima promedio] CONABIO). Para cada especie se utilizó una proporción de los datos para prueba de 70:30 y utilizamos el promedio de mapas generados a partir de un remuestreo por jackknife de los puntos de presencia. Para la validación del modelo usamos el criterio del área bajo la curva (AUC). Los mapas resultantes generaron una superficie de probabilidad (entre 0 y 1) de similitud los cuales fueron acotados a aquellas probabilidades mayores a 0.5 para restringir el criterio de inclusión. Los mapas fueron visualizados y procesados en el Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10.0 (ESRI 2011).

## **Resultados**

Las especies de este género se distribuyen esencialmente en México, pero *A. fissuratus* extiende su distribución al sur de Texas, Estados Unidos. La evidencia conjunta de datos de herbario, literatura y visitas al campo, indica que en México la riqueza del género se localiza en 8 estados. En San Luis Potosí se encuentran *A. agavoides*, *A. fissuratus*, *A. kotschoubeyanus*, *A. retusus*;

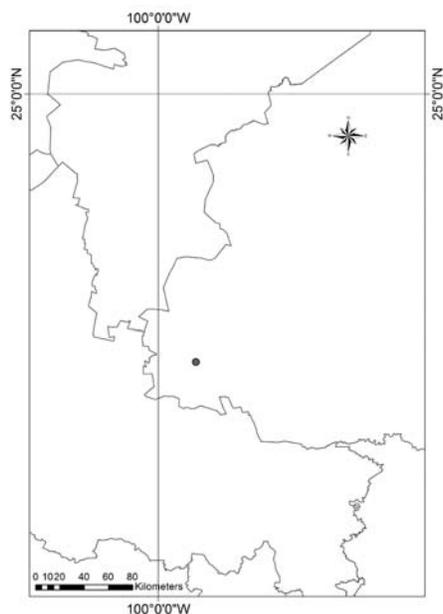


FIGURA 1. Distribución puntual de *Ariocarpus agavoides*. La especie solamente tiene una localidad reportada en los herbarios consultados.

en Tamaulipas se reporta la presencia de 5 especies: *A. agavoides*, *A. fissuratus*, *A. kotschoubeyanus*, *A. retusus*, y *A. trigonus* y en Nuevo León hay 5 de las especies: *A. fissuratus*, *A. kotschoubeyanus*, *A. retusus*, *A. scaphirostris* y *A. trigonus*. En Coahuila encontramos a 3 de las 7 especies que existen de cactus piedra o chautes, *A. fissuratus*, *A. kotschoubeyanus* y *A. retusus* y en Chihuahua únicamente a *A. fissuratus*. En el estado de Zacatecas se encuentran localidades de *A. fissuratus*, *A. kotschoubeyanus* y *A. retusus*, en Durango se reportan *A. fissuratus* y *A. retusus* y en Querétaro únicamente *A. kotschoubeyanus* (Figs. 1-8). Esta distribución sugiere un gradiente norte-sur en donde va decreciendo el número de especies. Basados únicamente en localidades georreferenciadas que cuentan con ejemplar de herbario, los mapas de distribución potencial tuvieron valores del AUC > 0.9, lo que indica que

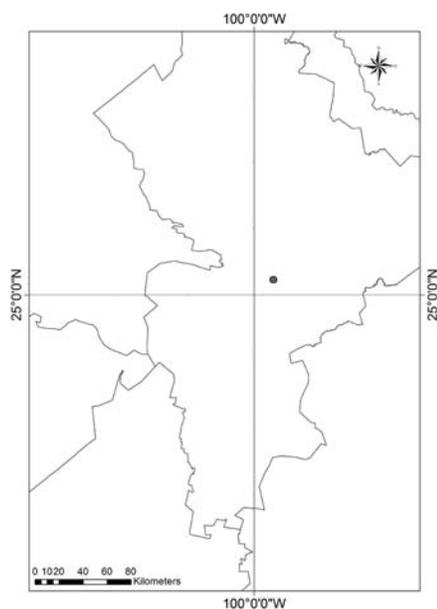


FIGURA 2. Distribución puntual de *Ariocarpus scaphirostris*. La especie solamente tiene una localidad reportada en los herbarios consultados.

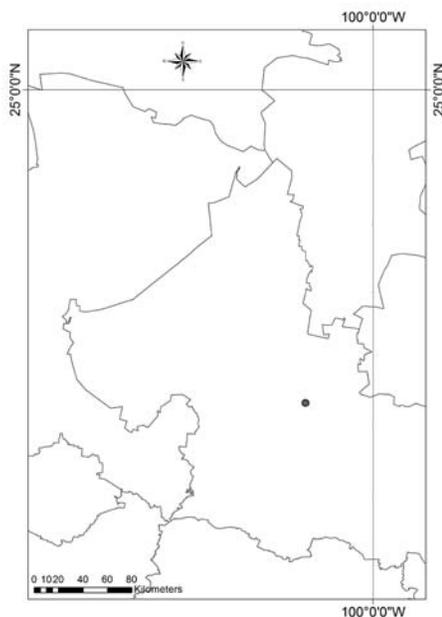


FIGURA 3. Distribución puntual de *Ariocarpus bravoanus*. La especie tiene una localidad reportada en los herbarios consultados.

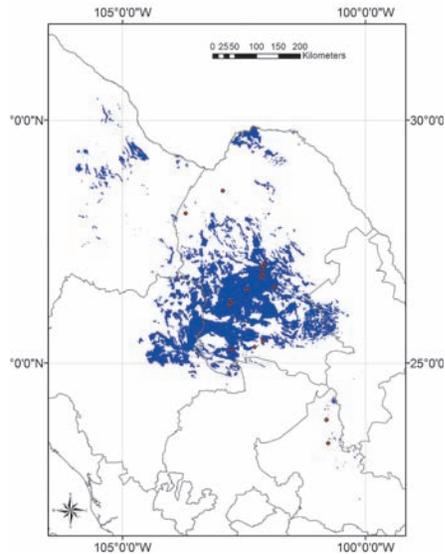


FIGURA 4. Distribución real (puntos rojos) y potencial (puntos azules) de *Ariocarpus fissuratus* obtenidos con MaxEnt v. 3.3.3k y 10 variables climáticas. AUC=0.932. Los puntos de presencia (en rojo) son localidades georreferenciadas que cuentan con ejemplar de herbario.

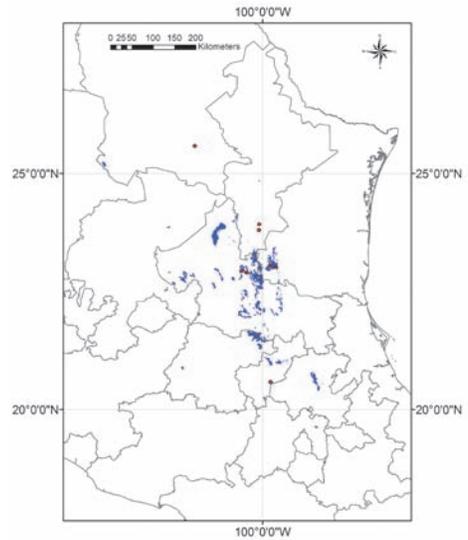


FIGURA 5. Distribución real (puntos rojos) y potencial (puntos azules) de *Ariocarpus kotschoubeyanus* obtenidos con MaxEnt v. 3.3.3k y 10 variables climáticas. AUC=0.961. Los puntos de presencia (en rojo) son localidades georreferenciadas que cuentan con ejemplar de herbario.

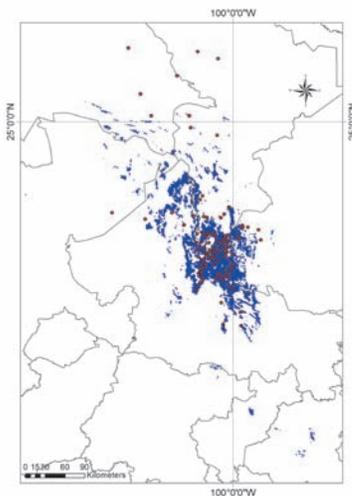


FIGURA 6. Distribución real (puntos rojos) y potencial (puntos azules) de *Ariocarpus retusus* obtenidos con MaxEnt v. 3.3.3k y 10 variables climáticas. AUC=0.988. Los puntos de presencia (en rojo) son localidades georreferenciadas que cuentan con ejemplar de herbario.

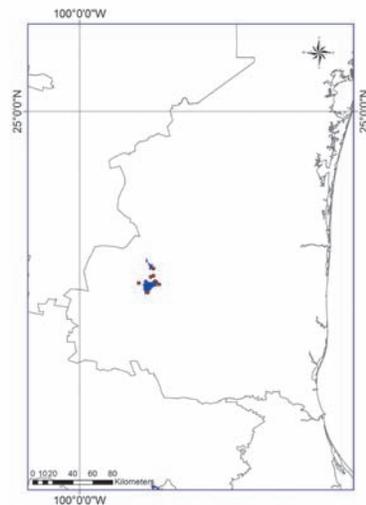


FIGURA 7. Distribución real (puntos rojos) y potencial (puntos azules) de *Ariocarpus trigonus* obtenidos con MaxEnt v. 3.3.3k y 10 variables climáticas. AUC=0.995. Los puntos de presencia (en rojo) son localidades georreferenciadas que cuentan con ejemplar de herbario.

son predicciones robustas. Estos modelos de distribución potencial de las especies muestran reducción del hábitat para tres de las especies estudiadas (*A. fissuratus*, *A. retusus* y *A. kotschoubeyanus* Figs. 4, 5 y 6). Se observa una distribución menor a la conocida, parece estar sub-predicha. Posiblemente los cortes o umbrales que se realizaron dejaron por fuera varios datos de la “distribución real”. En este caso, la restricción impuesta para el modelo fue que los umbrales de hábitat adecuado quedaran establecidos a valores mayores de 0.5. Probabilidades menores muestran una distribución más amplia, pero abarcando regiones que corresponden a otros hábitats.

En México, las especies de *Ariocarpus* se distribuyen claramente del centro al norte del país, en el Desierto Chihuahuense (Fig. 8). Las especies del género crecen con clara preferencia sobre suelos calizos o ligeramente alcalinos formando parte de matorrales xerófilos, submontano Tamaulipeco y rosetófilos (Figs. 9 y 10). Las especies de más amplia distribución son *Ariocarpus fissuratus* (cactus piedra o falso peyote) y *A. retusus* (oreja de burro).

*A. kotschoubeyanus* (pata de venado) podría considerarse de amplia distribución debido a que cuenta con varias poblaciones en seis estados, pero su hábitat es altamente especializado. Las especies *A. agavoides*, *A. bravoanus* y *A. scaphirostris* se consideran de distribución restringida por presentar una o pocas localidades. *A. trigonus* aparece con pocas localidades, sin embargo no podemos descartar que para varios autores es una variante de *A. retusus*, por lo que hay que revisar con más detalle este caso. Entre ellas, varias especies comparten algunas características típicas de parecerse a rocas como *A. fissuratus*, *A. bravoanus*, *A. scaphirostris* y la pata de venado (*A. kotschoubeyanus*). En contraste, *A. trigonus* es la más conspicua, mientras que *A. retusus* presenta mucha variación. *A. kotschoubeyanus* habita en zonas inundables o barriales que son aptos para la agricultura, por lo que la conversión de zonas de desierto con fines agrícolas o de áreas para construcción y el establecimiento de pantanos es el mayor riesgo para esta especie (obs. pers., datos no publicados). El cactus piedra, *A. fissuratus*, fue descubierto por primera vez en Estados Unidos, por lo que a

CUADRO 1. Categorías de riesgo de extinción para las especies de *Ariocarpus* y el número de registros encontrados en los herbarios y bases consultadas. NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr = sujeta a protección especial, P = peligro de extinción, A = amenazada. UICN = Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Lista roja: VU = vulnerable, NT = near threatened, LC = least concern. CITES (Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre): I = nivel de regulación mayor.

Especie	Estatus de conservación*			Registros
	NOM-059	UICN	CITES	
<i>Ariocarpus agavoides</i>	Pr	VU	I	1
<i>Ariocarpus bravoanus</i>	P	VU	I	5
<i>Ariocarpus fissuratus</i>	P	-	I	13
<i>Ariocarpus kotschoubeyanus</i>	Pr	NT	I	8
<i>Ariocarpus retusus</i>	Pr	LC	I	88
<i>Ariocarpus scaphirostris</i>	P	VU	I	1
<i>Ariocarpus trigonus</i>	A	LC	I	7

\*Fuente: Arias et al. 2005.

la localidad de ese país se le conoce como su sitio tipo y es el único de los *Ariocarpus* que se encuentra en el valle de Cuatrociénegas y en el Bolsón de Mapimí, ambos sitios dentro de Áreas naturales protegidas. En México es una especie muy importante, aunque no es fácil de encontrar, algunas personas le llaman falso peyote, en inglés se conoce como *living rock* (piedra viviente).

## Discusión

Delimitar la distribución geográfica de una especie es un criterio usado comúnmente para evaluar su estatus de conservación y los datos de herbario han mostrado ser particularmente útiles para estos fines (Wilcove *et al.* 1998). La distribución geográfica de las especies del género *Ariocarpus* puede ser categorizada según su amplitud y diverge considerablemente en la extensión. Por un lado, *A. agavoides*, *A. bravoanus* y *A. scaphiostriis* cuentan con una sola localidad conocida. En el caso de *A. agavoides* se conoce su localidad tipo en Tamaulipas y se sugiere una segunda localidad en San Luis Potosí (Guzmán *et al.* 2003). Sin embargo no existen las coordenadas geográficas, ni ejemplar de herbario al alcance del público. Así, con una sola referencia geográfica no es posible estimar la distribución potencial (Figs. 1-3); estas tres especies, por lo tanto, tienen una distribución puntual y desde el punto de vista biogeográfico son las más raras.

Por el contrario, las cuatro especies restantes cuentan con varios registros que permitieron estimar la distribución potencial. De estas especies, *A. fissuratus* tuvo el área de distribución potencial más amplia (Fig. 4), seguida de *A. retusus*, *A. kotschoubeyanus* y finalmente *A. trigonus* (Figs. 4-7). No obstante, esta amplitud en la distribución potencial

no necesariamente corresponde al número de registros que se tiene para cada especie. Por ejemplo, *A. retusus*, la especie mejor representada en las colectas, es la segunda en amplitud de la distribución potencial (Cuadro 1, Fig. 6). A diferencia de las especies distribuidas puntualmente, estas cuatro especies tienen una distribución más extensa, que se refleja también en las referencias obtenidas de las bases de datos y de observaciones en campo.

De las cuatro especies comunes, tres de ellas se han reportado como morfológicamente variables a lo largo de su distribución (Glass 1998; Anderson 2001; Pilbeam & Weightman 2006). Por ejemplo, de *A. kotschoubeyanus* se han reconocido variedades según el color de la flor y el tamaño de la planta. La denominada *A. kotschoubeyanus* var. *albiflorus*, ubicada en varias localidades del Municipio de Tula, Tamaulipas, es una variedad con flores pálidas, algunas veces completamente blancas, diferentes al magenta típico de la especie. Las diferencias en el tamaño de la planta dieron origen a la denominación *A. kotschoubeyanus* var. *elephantidens*, que consta de varias poblaciones distribuidas en Querétaro, y se caracteriza por alcanzar tamaños más grandes que las poblaciones distribuidas al norte (Kunte & Šedivý 2002). La variedad *A. kotschoubeyanus* var. *macdowellii* se refiere a poblaciones que tienen plantas con tamaños más pequeños, y se distribuyen al sur de Coahuila (Kunte & Šedivý 2002).

En consecuencia, el género *Ariocarpus* incluye especies con diferencias en la rareza biogeográfica. Las causas de ésta pueden ser históricas, demográficas, reproductivas, de interacción con otras especies, de especificidad de hábitat, entre otras, o la combinación de varias de ellas; sin embargo,

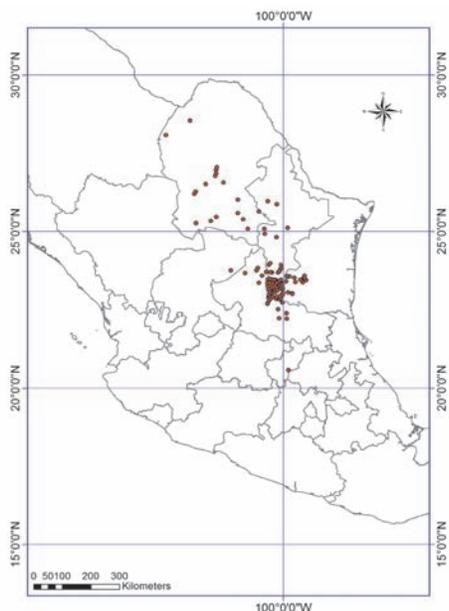


FIGURA 8. Distribución general del género *Ariocarpus* en el territorio mexicano.

son diferentes para cada especie o grupo de especies (Gaston 1994).

Las poblaciones de las especies ocurren consistentemente en el denominado por Rzedowski (1990) Matorral Xerófito, principalmente en variantes del matorral rosétifilo, pero con algunas apariciones en tipos del matorral de *Larrea*, e incluso del matorral de mesquite (*Prosopis*, Fabaceae, Leguminosae). Prefieren colinas bajas, bajadas, pies de monte, e incluso planicies de inundación de la Mesa Central y de las distintas cadenas montañosas que forman la Sierra Madre Oriental, en suelos denominados “cerriles” por el mismo autor, siempre y cuando sean de origen calcáreo (Bravo-Hollis 1978; López González & García Ponce 2004). Por lo tanto, las formas intermedias —p. ej. las poblaciones cerca de Aramberri (Nuevo León) con características

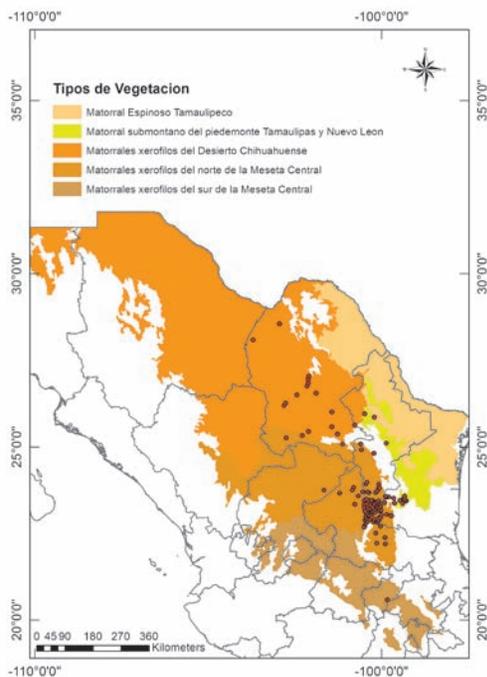


FIGURA 9. Ecoregiones (CONABIO, 2008) de Mexico y puntos georeferenciados de especímenes del género *Ariocarpus*.

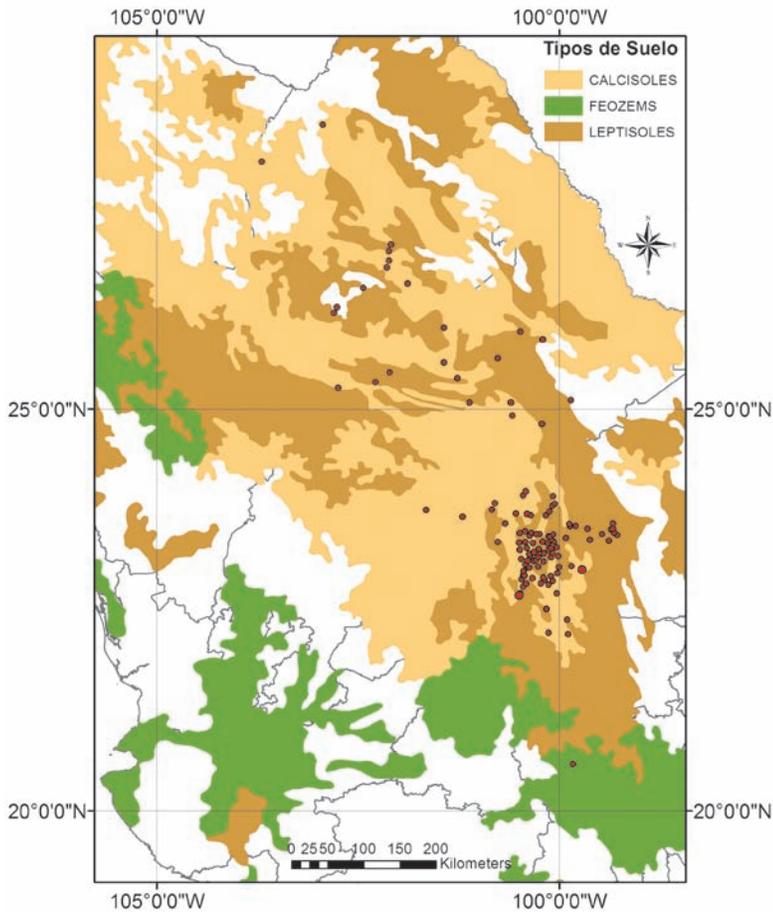


FIGURA 10. Tipos de suelo en los que se presentan las especies de *Ariocarpus*.

morfológicas entre *A. retusus* y *A. trigonus*—, podrían explicarse por tres vías: i) que se trate de un sitio híbrido natural geográficamente intermedio entre las distribuciones de ambas especies (*A. retusus* al oeste y *A. trigonus* al este), lo cual ha sido sugerido por varios cactófilos (Pilbeam & Weightman 2006); ii) que sea una población de un ancestro de ambas especies, o iii) que estas poblaciones sean un continuo entre ambas especies y que por lo tanto la de menor distribución (*A. trigonus*) sea subespecie

de la de mayor distribución (*A. retusus*) (Anderson & Fitz Maurice 1997; Kunte & Šedivý 2002).

Todas las especies de *Ariocarpus* son plantas que los coleccionistas buscan por su belleza y rareza y que, por tanto, sus poblaciones naturales han sido saqueadas. Leyes como la NOM-059-SEMARNAT-2010, la Lista Roja de la UICN y el CITES, las consideran en sus listas de especies que deben ser protegidas porque están en riesgo de desaparecer.

Las especies endémicas tienden a presentar poblaciones reducidas y poca capacidad de dispersión comparadas con sus contrapartes de distribución amplia (Gaston 2003). Al menos tres de las especies estudiadas (*A. agavoides*, *A. bravoanus* y *A. scaphirostris*) tienen distribuciones muy restringidas y presentan poblaciones pequeñas o que se han reducido hasta 80% en los últimos años (Mandujano *et al.* 2007). La dispersión de estas especies es principalmente por arrastre por agua o viento, lo que reduce su capacidad de dispersión a otras localidades. Las distribuciones restringidas, unidas a los impactos en los ambientes naturales causados por actividades antropogénicas como el establecimiento de núcleos humanos, cambio de uso del suelo, explotación, especies introducidas y enfermedades (Soulé 1991; Forester & Machlis 1996), han sido factores determinantes en la disminución de poblaciones silvestres y extinciones en todo el mundo (Wilcove *et al.* 1998).

Las especies de *Ariocarpus*, como geófitas, enfrentan también estos problemas. Durante los años en que hemos realizado este estudio, hemos presenciado la desaparición de tres poblaciones de *A. kotschoubeyanus* debido a la conversión de los sitios en potreros, caminos o nopaleras; la acelerada disminución de la localidad de *A. agavoides* para la construcción de viviendas; asimismo, un notable decremento de la población de *A. bravoanus* debido al saqueo.

### Agradecimientos

Proyecto PAPIIT IN207411 DGAPA, UNAM a MCM, M. en C. Mariana Rojas Aréchiga por la captura de información. Biól. Hugo Altamirano por la edición final de mapas. Dr. Arturo Flores como editor del ms y revisores anónimos por sus comentarios. A los curadores y facilidades otorgadas de las siguientes colecciones: MEXU y HINTON.

Este trabajo forma parte de la tesis de doctorado de Gisela Aguilar Morales, Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección de MCM.

### Literatura citada

- Anderson EF. 1964. A revision of *Ariocarpus* (Cactaceae). IV. Formal taxonomy of the subgenus *Ariocarpus*. *Am J Bot* **51**:144-151
- Anderson EF & Fitz Maurice WA. 1997. *Ariocarpus* revisited. *Haseltonia* **5**: 1-20.
- Anderson EF. 2001. *The cactus family*. Timber Press, Portland, Oregon, USA.
- Arias-Montes S, Guzmán U, Mandujano MC, Soto M, & Golubov J. 2005. Las especies Mexicanas de Cactáceas en riesgo de extinción: una comparación entre los listados NOM-ECOL-2001 (México), la lista roja (UICN) y CITES. *Cact Suc Mex* **50**:100-125.
- Bárceñas RT, Yesson C & Hawkins HA. 2011. Molecular systematics of the Cactaceae. *Cladistics* **27**:1-20.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las cactáceas de México*. Volumen I. UNAM. D.F. México.
- Bravo-Hollis H & Sánchez-Mejorada RH. 1991. *Las cactáceas de México*. Volumen II y III. UNAM. D.F. México.
- Carter S. 1997. Euphorbiaceae. en: Oldfield S. (comp.). *Cactus and succulent plants. Status survey and conservation plan*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom. pp. 23–26.
- Eggl U & Newton LE. 2004. *Etymological dictionary of succulent plant names*. Springer. Berlin.
- Feria-Arroyo TP, Solano E & García-Mendoza A. 2010. Reevaluación del riesgo de extinción de cinco especies del género *Polianthes* L. (Agavaceae) *Act Bot Mex* **92**:11-28.
- Forester DJ & Machlis GE. 1996. Modelling human factors that affect the loss of biodiversity. *Conserv Biol* **10**:1253–1263.

- Gaston KJ. 1994. *Rarity*. Chapman & Hall, London.
- Gaston KJ. 2003. *The structure and dynamics of geographic ranges*. Oxford University Press. Oxford. 266 pp.
- Gibson AC & Nobel PS. 1986. *The cactus primer*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. USA.
- Glass C. 1998. *Guía para la identificación de cactáceas amenazadas de México*. CONABIO. CANTE A.C. México.
- Guzmán U, Arias S & Dávila P. 2003. *Catálogo de cactáceas mexicanas*. CONABIO. UNAM. 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* **98**:44-61.
- Hunt D, Taylor N & Graham C. 2006. *The New Cactus Lexicon: Descriptions and Illustrations of the Cactus Family*. DH Books, Milborne Port, UK.
- Kunte L & Šedivý V. 2002. The genus *Ariocarpus*. Scheidweiler. *Kaktusy* **2**:31.
- López González JJ & García Ponce G. 2004. Distribución y evaluación de poblaciones naturales del genero *Ariocarpus* Scheidweiler en Coahuila México. *Cact Suc Mex* **49**:68-79.
- Mandujano MC, Verhulst JAM, Carrillo-Angeles IG & Golubov J. 2007. Population dynamics of *Ariocarpus scaphirostris* Bödeker (Cactaceae): evaluating the status of a threatened species. *Int J Plant Sc* **168**:1035-1044.
- Martínez-Peralta C. 2007. *Ariocarpus fissuratus* (Engelmann) Schumann. *Cact Suc Mex* **52**:4.
- Martínez-Peralta C. 2008. *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lemaire) Schumann. *Cact Suc Mex* **53**:96.
- Martínez-Peralta C & Mandujano MC. 2011. Reproductive ecology of the endangered living rock cactus, *Ariocarpus fissuratus* (Cactaceae). *J Torrey Bot Soc* **138**:145-155.
- Nyffeler R. 2002. Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from *trnK/matK* and *trnL-trnF* sequences. *Am J Bot* **89**:312-326.
- Phillips SJ, Anderson RP & Scaphire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* **190**:231-259.
- Pilbeam J & Weightman B. 2006. *Ariocarpus* et cetera. The special, smaller genera of Mexican cacti. The British Cactus & Succulent Society. Essex, UK. 140 pp.
- Rzedowski J. 1990. *Vegetación potencial. IV.8.2. Atlas Nacional de México*. Vol 2. Escala 1:4,000,000. Instituto de Geografía, UNAM. D.F. México.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Segunda Sección. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. pp. 1-65.
- Soulé ME. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science* **253**:744-750.
- UICN. 2001. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) red list categories and criteria: version 3.1. World Conservation Union Species Survival Commission, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom. <http://app.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/redlistcatsenglish.pdf> (consultada en febrero 2012).
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A & Losos E. 1998. Threats to imperiled species in the United States. *BioScience* **48**:607-615.