

# Características de los suelos asociados con la distribución y abundancia de *Ariocarpus bravoanus* en la Estación Nuñez Guadalcázar en San Luis Potosí, México

García Mayén Jorge A<sup>1</sup>, Vela Correa Gilberto I<sup>\*2</sup>, Rodríguez Gamiño Ma. de Lourdes<sup>2</sup>, Acevedo Sandoval Otilio A<sup>3</sup>

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución de *Ariocarpus bravoanus* y su relación con las características físicas y químicas de los suelos en la Estación Experimental Núñez Guadalcázar en San Luis Potosí, México. Se ubicaron 20 sitios de muestreo en una zona delimitada por las cotas de 1500 y 1600 msnm, con base en la cartografía del INEGI a escala 1:50 000. Se tomaron muestras de suelos y vegetación en cada sitio, a una equidistancia de 500 m entre ellas. En suelos se determinó humedad, color, densidad aparente y real, textura, porosidad, pH, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> intercambiables. Para la determinación de la abundancia se determinó la cubierta total y la cubierta total logarítmica, en conjunto con la identificación de las especies presentes con las poblaciones de *A. bravoanus*. Entre los principales resultados se tiene que la población y distribución de *Ariocarpus bravoanus*, es muy limitada en la zona de estudio, ubicándose en zonas centrales, provistas de agua temporal encontrando especies acompañantes de leñosas y agaves. Esta especie prospera en suelos de profundidad media, ligeramente húmedos y pedregosos, con una acidez tendiente a la neutralidad, de textura migajón-arenosa y donde el complejo de cambio está saturado con Ca<sup>2+</sup>.

**Palabras clave:** *Ariocarpus bravoanus*, suelos, distribución, vegetación acompañante.

## Abstract

The objective of this study was to determine the distribution of *Ariocarpus bravoanus* and their relationship to physical and chemical characteristics of soil at the Experimental Station Guadalcázar Núñez in San Luis Potosi, Mexico. 20 sites were located in a sampling area bounded by the heights of 1,500 and 1,600 m., Based on maps of 1:50,000 scale INEGI. Samples of soil and vegetation at each site, at an equidistance of 500 m between them. In soils, the moisture, color, bulk and particle density, texture, porosity, pH, organic matter (OM), cation exchange capacity

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Departamento El Hombre y su Ambiente. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, Coyoacán, México, Distrito Federal.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Sistema de Universidad Abierta (SUA) Avenida de los Insurgentes 3000, Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacán, México, Distrito Federal.

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 45 carretera Pachuca Tulancingo, Hidalgo México. C. P. 42184.

\* Autor de correspondencia: gvvela@correo.xoc.uam.mx

(CEC) and  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  and  $\text{K}^+$  exchangeable. For determining the abundance was determined and the total cover logarithmic full cover, together with the identification of the species present in the populations of *A. fissuratus*. Among the main results is that the population and distribution of *Ariocarpus bravoanus*, is very limited in the study area, being located in central areas, provided temporary water accompanying woody species found and agaves. This species thrives on soils of medium depth, slightly moist and stony, with an acidity tending to neutrality, sandy-loam texture and where the exchange complex is saturated with  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Key words:** *Ariocarpus bravoanus*, soils, distribution, vegetation.



Mauricio Torres

FOTO 1. Panorama de la vegetación del sitio de estudio en donde se localizan las poblaciones de *Ariocarpus bravoanus*.

## Introducción

La distribución y abundancia de los organismos dependen tanto de la variabilidad ambiental como de su tolerancia, por lo que la distribución de un organismo está definida por su presencia o ausencia, y el número de individuos define su abundancia (Smith & Smith 2005). Algunas especies suelen ser muy selectivas en cuanto al microhábitat que utilizan y tienden a concentrarse en puntos donde las condiciones son especialmente favorables. Esto puede ocurrir a lo largo del año o en épocas específicas como la de reproducción (Sánchez 2003).

También son importantes las relaciones que se establecen entre las propias plantas, en donde los procesos de facilitación y de competencia por espacio y nutrientes juegan

un papel importante en la determinación de la dinámica y diversidad de especies. El nivel de tolerancia a temperaturas mínimas y máximas define los límites de distribución de una especie. Aunque las condiciones cercanas a los límites de tolerancia pueden ser suficientes para mantener la supervivencia, el crecimiento y la reproducción, el rendimiento del organismo suele ser mucho menor que las cercanas al óptimo. Cuanto más se aproximan las condiciones ambientales a las tolerancias mínima y máxima de un organismo, menor será el número de individuos. Así, podemos esperar que la abundancia de una especie aumente a medida que nos desplazemos hacia unas condiciones ambientales óptimas (Matías 2004; Smith & Smith 2005).

La presencia de árboles y arbustos en las zonas áridas y semiáridas está directamente

relacionada con la aparición de “parches” o “islas de fertilidad”, a los que también se les ha denominado mosaicos de acumulación o de disponibilidad de nitrógeno. La copa de árboles y arbustos actúa como una trampa recolectora de detritos orgánicos y partículas de suelo. Estos materiales se acumulan bajo las copas, al igual que los restos orgánicos generados por las mismas plantas del parche, y producen un sustrato de calidad superior al de las áreas abiertas o desprovistas de vegetación (Matías 2004).

La dinámica de las islas de fertilidad está determinada por la interacción de diversos factores abióticos y bióticos. Entre los primeros destaca el acarreo por agua y viento de partículas finas del suelo hacia la base de las plantas. Los factores bióticos están relacionados con la contribución de la vegetación a la formación del suelo a través del aporte de restos orgánicos, y la acción de los organismos edáficos que juegan un papel importante para que los ciclos biogeoquímicos se completen, permitiendo la liberación de los nutrientes de la materia orgánica y su incorporación al suelo. La desaparición de las especies leñosas pondría en peligro la existencia de la mayor parte (90 %) de las especies de cactáceas. Además, esto provocaría la pérdida de equilibrio entre la entrada de materia orgánica al suelo y los procesos de liberación de nutrientes, lo que ocasionaría la pérdida del suelo y de todo el ecosistema (Bravo-Hollis 1978; Matías 2004).

Hernández *et al.* (1997), indican que al norte del estado de San Luis Potosí, se presenta una alta diversidad de cactáceas de las cuales 22 especies son consideradas como raras o amenazadas. Mientras que en el trabajo de Salas de León *et al.* (1999), mencionan que las especies que se encontraron están representadas en cinco fami-

lias botánicas y cada una tiene al menos una especie bajo algún tipo de riesgo de extinción. Gran parte de estas especies son plantas suculentas que pertenecen a las familias Agavaceae, Cactaceae y Crassulaceae. Particularmente en la familia Cactaceae se incluyen 13 géneros con 23 especies y cuatro variedades, lo que representa el 81% de los géneros y el 85% de las especies estudiadas, este elevado porcentaje se debe al grado de endemismo que se presenta en la región. Las poblaciones de estas especies son reducidas, pero más robustas cuando se encuentran en las planicies aluviales, debido a que existe una menor competencia entre especies, así como suelos más profundos que favorecen su desarrollo, siendo *Ariocarpus bravoanus*, *A. kotschoubeyanus* y *Zinnia citrea* ejemplos de esta comunidad vegetal. Estas especies presentan un patrón restringido de distribución geográfica y se encuentran amenazadas principalmente por el cambio de uso de suelo y la colecta ilegal (Salas de León *et al.* 1999; Álvarez *et al.* 2004).

*Ariocarpus bravoanus* es una planta nativa del Estado de San Luis Potosí, que se encuentra dentro de la categoría de especies en peligro de extinción por la SEMARNAT (2002). La mayor concentración, tanto de géneros como de especies, se observa entre 1400 a 2100 msnm, esto se relaciona con la variación en las condiciones ambientales provocadas por un aumento de altitud en donde el matorral xerófilo se integra con los bosques de *Quercus* spp. y *Pinus* spp. (Franco 1997). Por lo anterior descrito se planteó como objetivos de este trabajo: 1) Determinar la distribución de *Ariocarpus bravoanus*; y 2) Su relación con las características físicas y químicas de los suelos en la Estación Experimental Núñez Guadalucazar en San Luis Potosí, México.

## Material y métodos

### Localización geográfica, superficie y límites

La Estación Núñez se encuentra en el municipio de Guadalcazar, San Luis Potosí, a 50 km al Norte de la capital del estado. Se localiza en las provincias Sierra Madre Occidental y la parte oriental de la Mesa Central (Fotos 1 y 2). El conjunto geomorfológico lo constituyen una serie de sierras que se elevan desde los 1500 hasta los 2590 msnm. Las mayores elevaciones corresponden a la Sierra Las Pilas, La Trinidad y Cerro San Cristóbal, que se ubican en la parte occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí. La zona de estudio se ubica cerca de la localidad de Núñez y pertenece a las laderas de la Sierra La Trinidad, tiene una extensión de 797.11 ha, y limita por los lechos de los ríos El Membrillo y Los Cañoncitos al Norte y Sur respectivamente, al Este por la cota de 1500 y al Oeste por la de 1600 msnm (Fig. 1).

La zona de estudio se encuentra dentro de la RTP-87 (Regiones Terrestres Prioritarias, de la CONABIO), y su registro estratigráfico se inicia en el Neocomiano-Aptiano con una secuencia de yesos y anhidritas, entre las que se intercalan dolomitas pertenecientes a la formación Guaxcamá, sobre una secuencia de calizas de plataforma correspondientes a la formación El Abra, donde predominan estratos gruesos y masivos. Cabe mencionar que durante el Paleoceno-Oligoceno fue afectada intensamente por diapirismo provocado por las anhidritas de la formación Guaxcamá, formando un paquete grueso de brecha calcárea.

Los suelos son de origen sedimentario, derivados de rocas calcáreas, lutitas y areniscas, con acumulación de carbonato cálcico y/o magnésico, que corresponde generalmente a un horizonte cálcico continuo, endurecido o cementado, cuyo grado de cementación puede ser tan grande que sus fragmentos secos no se desmoronan en agua y las raíces no lo pueden penetrar. Su modo de formación es aluvial y coluvial; su topografía

es variable, existen áreas planas y otras como laderas y cerros con pendientes mayores y relieve ondulado. Los suelos corresponden a Calcisoles háplicos que se presentan en las partes bajas, con drenaje deficiente, y donde la acumulación de material arcilloso impide la lixiviación de bases, favoreciendo su acumulación (Arriaga *et al.* 2000; Granados-Sánchez & Sánchez-González 2003).

El clima es árido semicálido (BSohw), donde la temperatura media anual varía entre 18°C y 22°C, la máxima se presenta en el mes de mayo, (>22°C); la mínima absoluta es de 7°C para el mes de diciembre; la precipitación pluvial es de 780.3 mm, siendo la media anual de 355 mm (Arriaga *et al.* 2000).

La vegetación se definió por su fisonomía, derivada a su vez de la forma de sus espacios dominantes; así se encontró matorral desértico, espinoso, micrófilo, nopalera, izotal, cardonal y pastizal, donde generalmente se localizan manchones aislados de pastos rodeados por matorral micrófilo de *Larrea* sp., *Flourensia* sp., *Prosopis* sp. y *Yucca* sp.

### Ubicación de sitios y toma de muestras de vegetación y suelos

Se utilizó la carta topográfica del municipio de Guadalcazar, San Luis Potosí a escala 1:50 000 elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); también se realizó la fotointerpretación de imágenes satelitales obtenidas por medio de la plataforma Google Earth v. 2009, a partir de las cuales se ubicaron 20 puntos de muestreo en un área delimitada por las cotas de 1500 y 1600 msnm, y considerando como límite superior los lechos de los ríos El Membrillo y Los Cañoncitos respectivamente (Fig. 2). El área de estudio se determinó con base en los datos obtenidos en la bibliografía, donde se menciona que la especie *Ariocarpus bravoanus* habita a una altura comprendida entre los 1500 y los 1600 msnm.

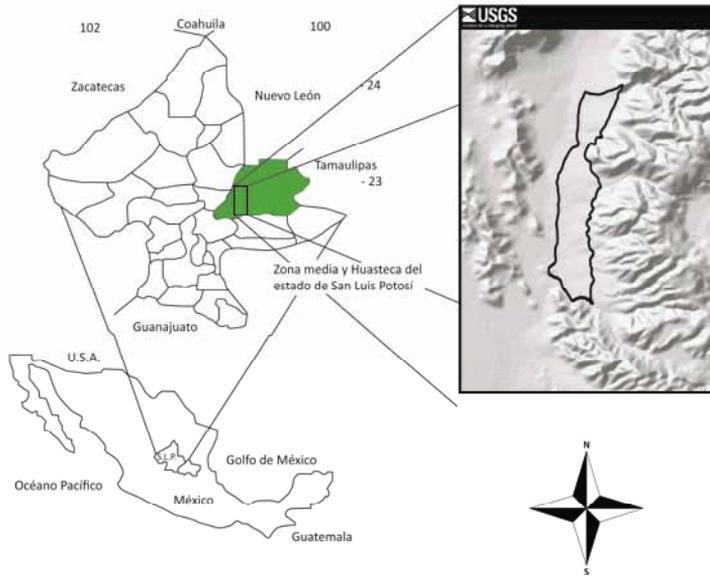


FIGURA 1. Ubicación de la zona de estudio en San Luis Potosí, México.

El área de estudio se dividió en tres zonas considerando que *Ariocarpus bravoanus*, solo se encuentra en este lugar por ser una especie microendémica y para tener repeticiones de los sitios de muestreo. La zona norte integró los puntos P-1 al P-7, en la zona centro P-8 a P-15 y la zona sur del P-16 al P-20 (Fig. 2). Para la toma de muestras, se estableció como referencia los cuadrantes marcados en la carta topográfica (1 Km<sup>2</sup>), cada muestra de suelo y de vegetación tuvo una equidistancia de 500 m entre ellas. En cada punto se tomó una muestra de suelo del horizonte A con una profundidad de 0 a 30 cm, colocándolas en bolsas de polietileno y etiquetándolas para su análisis en laboratorio. Para localizar las poblaciones de *Ariocarpus bravoanus*., se trazaron parcelas circulares con un radio de 10 m, el cual se dividió en 8 partes iguales, por lo que cada fracción de muestreo tuvo una superficie de 40 m<sup>2</sup> donde se colectaron muestras de la vegetación dentro de esta división con base en McAuliffe (1990), donde se midió el tamaño de la planta, diámetro del dosel y cantidad de

individuos. También, se colectaron ejemplares de las especies encontradas y se colocaron en una prensa botánica, etiquetando cada ejemplar con el número de sitio, fecha y nombre.

### Trabajo en herbario y laboratorio

Los datos de vegetación colectados en campo, fueron vaciados en hojas de cálculo de Excel 2010, donde se calculó el diámetro total por especie y por punto, a estos diámetros se le asignaron valores dentro de la escala de  $\text{Log}_2=N$  así como la abundancia y el dosel cubierto ( $\text{Log}_2=x$ ), con base en McAuliffe (1990). La cubierta total se calculó a partir de:  $\text{Cubierta total} = (\text{Abundancia aritmética}) \times (\text{Cubierta aritmética})$  y la cubierta total logarítmica se estimó mediante  $\text{Cubierta total Logarítmica} = (\text{Abundancia } \text{Log}_2) + (\text{Cubierta tot. } \text{Log}_2)$

La identificación taxonómica de la vegetación se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología, Sistemática y Fisiología Vegetal de la UAM-X. Cabe mencionar que el listado de vegetación se estructuró por familias en orden alfabético. Los nombres

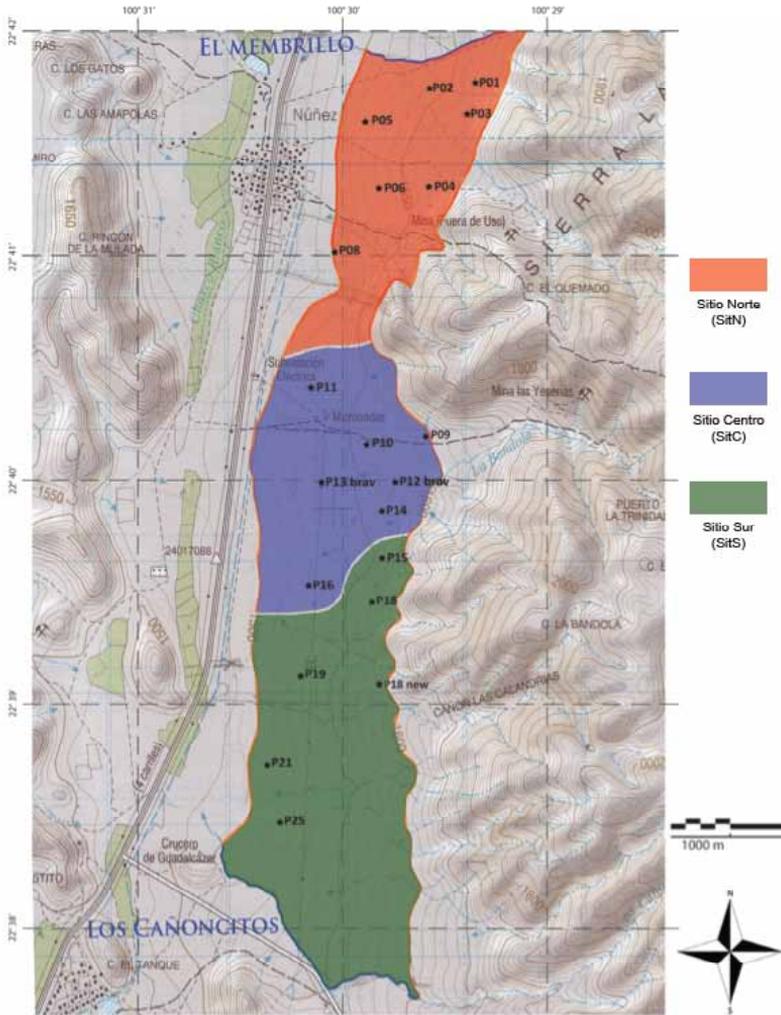


FIGURA 2. Sitios de muestreo de vegetación y suelos.

científicos corresponden a los binomios aceptados por ITIS (<http://itis.gov/index.html>) y la base de datos W3 Trópicos del Jardín Botánico de Missouri (<http://mobot.org/W3T/search/vast.html>). Los nombres de las cactáceas son los aceptados en la segunda edición de la referencia CITES Cactaceae Checklist compilada por Hunt (1999).

Por otra parte, las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente y tamizadas con una malla de 2 mm. Los análisis que se realizaron

fueron: humedad, color, densidad aparente y real con base en USDA (2004); textura y porosidad de acuerdo con SEMARNAT (2002). El pH se determinó en una relación suelo-agua de 1:2.5 con un potenciómetro 3 Star con electrodo de vidrio; la materia orgánica (MO), por el método de combustión en húmedo utilizando una mezcla de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_4$ ) y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y valorando posteriormente con sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ) (USDA 2004); la capacidad de

intercambio catiónico (CIC), por medio de centrifugación y saturando las muestras con una solución de  $\text{CaCl}_2$  1N, etanol y NaCl, valorando con Versenato (EDTA 0.02 N). El análisis cuantitativo de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  intercambiables por el método volumétrico del Versenato y  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  intercambiables por emisión de flama empleando un foto-flamómetro Cornig 400 a partir de las técnicas descritas en Klute (1986) y Sparks (1996).

## Resultados

### Distribución y abundancia de *Ariocarpus bravoanus*

La distribución de *Ariocarpus bravoanus* es muy limitada, encontrándose solamente dos poblaciones en 20 de los sitios muestreados (P-11 y P-12), ambos en la zona centro (ZC). La población de *A. bravoanus* presenta una abundancia de 264 individuos en el P-11 y en el P-12 de 88 individuos, siendo la población total de 352 individuos.

*Ariocarpus bravoanus* presenta una cobertura muy pequeña en comparación al área total de estudio correspondiente a  $314.16 \text{ m}^2$  ( $\text{Log}^2=8$ ), siguiendo este valor se observa que *Ariocarpus bravoanus* tiene los valores de -3 y -4 en cobertura total  $\text{Log}^2$  (lo que significa que tienen una cobertura total aritmética de  $0.16 \text{ m}^2$  para el sitio 11 y  $0.05 \text{ m}^2$  para el sitio 12, obteniendo una cobertura de 0.03% y 0.01% considerando el área total de las tres zonas, la cobertura de *Ariocarpus bravoanus* es mínima teniendo en comparación el área total de las zonas de muestreo, debido a su baja abundancia y tamaño pequeño (6 - 8 cm de diámetro).

### Especies asociadas a *Ariocarpus bravoanus*

En la zona de estudio, se reconocieron 31 géneros, agrupados en 14 familias, siendo

la familia Cactaceae con 9 y la Asteraceae con 7 ejemplares las que agrupan el mayor número de especies, aunque también se encontraron individuos de las familias Agavaceae, Asclepidaceae, Bromeliaceae, Capparaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae, Ruscaceae y Verbenaceae (Cuadro 1). En total se reportan 25 especies para la zona norte, 24 en la zona centro y 15 en la zona sur. Abarcando la zona centro y norte la mayor cantidad de especies (77%). Cabe mencionar que la familia con mayor número de especies fueron las Cactáceas, reportándose un total de nueve especies, de las cuales se encontraron 6 en la zona norte y 5 en la zona centro, y tres en la sur. Dentro de las especies acompañantes o nodrizas el género más abundante corresponde a *Bouteloua* sp. ocupando el 49%, seguido de *Jatropha spathulata* y *Coriphanta* spp. (Fig. 3).

### Características morfológicas de los suelos

Los suelos de los sitios estudiados son muy parecidos en sus características morfológicas, debido a que tienen el mismo origen. *A. bravoanus* tiene predilección por establecerse en lomeríos bajos. Sin embargo, existen algunas diferencias entre las que se encuentran que los suelos de la ZN (< 30 cm de profundidad) son someros, y los de la ZC y ZS se consideran como suelos de profundidad media (30 a 44 cm).

Los suelos de la zona norte y sur se encontraban secos, mientras que los de la zona centro donde hay presencia de *A. bravoanus* estaban ligeramente húmedos; su consistencia fue suelta en los suelos de la zona norte y sur, mientras que los de la zona centro era blanda; y cuando se humedecieron todos fueron friables (Cuadro 2). En cuanto a su pedregosidad, los suelos de la zona norte se consideran como muy pedregosos (20 al

CUADRO 1. Especies de vegetación encontradas en la zona de estudio.

Núm.	Familia	Especie	Zona		
			Norte	Centro	Sur
1	Agavaceae	<i>Agave lechugilla</i> Torr.	•		•
		<i>Agave striata</i> Zucc.	•	•	
		<i>Yucca filifera</i> Chabauud	•	•	•
2	Asclepiadaceae	<i>Asclepias mexicana</i>	•	•	
		<i>Bahia absinthifolia</i> Cav.		•	
3	Asteraceae	<i>Thymophylla setifolia</i> Lag.	•		
		<i>Haplopappus venetus</i> (Kunth) S. F. Blake	•	•	
		<i>Heerotheca inuloides</i>	•	•	•
		<i>Parthenium incanum</i> Cass.	•		
		<i>Viguiera linearis</i> (Cav) Sch. Bip. Ex Hemsl.		•	•
		<i>Viguiera stenoloba</i> S. F. Blake	•	•	
		<i>Zinnia acerosa</i> (DC) A. Gray	•		•
4	Bromeliaceae	<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.		•	
		<i>Ariocarpus bravoanus</i> H.M. Hern & E.F. Anderson		•	
		<i>Astrophytum capricone</i> (A. Dietr.) Britton & Rose			•
		<i>Coryphantha elephantidens</i> Lem.	•	•	•
		<i>Epithelanta micromeris</i> Engelman		•	
5	Cactaceae	<i>Equinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	•		
		<i>Echinocereus</i> spp.	•	•	•
		<i>Lophophora williamsii</i> (Lenm.)	•		
		<i>Opuntia leptocaulis</i> (DC) F. M. Knuth	•		
		<i>Opuntia rastrera</i> F. A. C. Weber	•	•	
		<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.	•		
6	Koeberliniaceae				
		<i>Jatropha spathulata</i> (Ortega) Muell. Arg.		•	•
7	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia anthisyphilitica</i> Zucc.		•	
		<i>Bahúina pauletia</i> . Pers.	•	•	•
8	Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb & Bonpl ex Will)	•	•	•
		<i>Setaria parviflora</i> (Poir) Kerguélen	•	•	•
9	Poaceae	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	•	•	
		<i>Nolina texano</i> S. Watson.	•		
10	Asparagaceae				
11	Verbenaceae	<i>Priva lappuicea</i> (L.) Pers.	•	•	•
12	Simaroubaceae	<i>Castela texana</i> (Torr. & A. Gray) Rose		•	•
13	Papaveraceae	<i>Eschscholzia mexicana</i> Greene	•	•	•
14	Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> (Moc. & Seseé ex DC)	•	•	

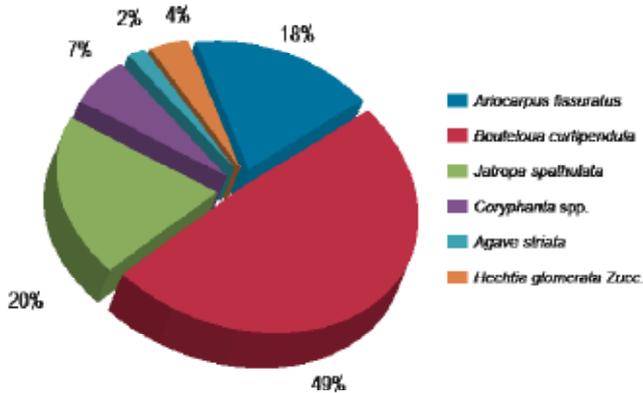


FIGURA 3. Especies acompañantes y nodrizas de *Ariocarpus bravoanus*.

50%) donde abundan las rocas de tamaño medio (5 a 10 cm de diámetro), mientras que los de la zona centro y sur son ligeramente pedregosos, particularmente en la zona centro predominan las rocas pequeñas, y que de acuerdo con López *et al.* (2010), esta especie tiene predilección por los suelos donde predominan fragmentos de roca de tamaño pequeño (1 a 5 cm de diámetro), mientras que en la zona sur predominan las rocas muy grandes (> de 20 cm de diámetro), sobre las pequeñas. En cuanto a la presencia de raíces, estas fueron abundantes en la zona norte y sur (100 a 500 por 3 dm<sup>2</sup>), predominando las de tamaño medio, y en la zona centro, estas fueron pocas y de tamaño delgado, lo que facilita que esta especie pueda enterrar sus tallos con mayor facilidad debido a que existe un menor apelmazamiento por la presencia de raíces (Cuadro 2).

#### Propiedades físicas de los suelos con *Ariocarpus bravoanus*

Los suelos con presencia de *Ariocarpus bravoanus* son ligeramente pedregosos y de profundidad media (0-40 cm), con una densidad aparente de 1 g cm<sup>-3</sup>, que es ligeramente superior a la presentada en los suelos de la zona

norte y sur. Este cactus prefiere los suelos con menor cantidad de poros, pero en el que se encuentran poros más grandes y donde predomina una textura migajón –arenosa (Cuadro 3). En comparación con los suelos de la zona norte y sur que son más porosos y de textura migajosa, donde se reportó una porosidad ligeramente mayor a la de la zona centro (>4.25%) y con una densidad aparente (< 1 g cm<sup>-3</sup>) lo cual indica que los aportes de materia orgánica por la vegetación son mayores que en la zona centro.

#### Propiedades químicas de los suelos con *Ariocarpus bravoanus*

Los suelos con *Ariocarpus bravoanus* presentan un pH tendiente a la neutralidad, mientras que los de la zona norte y sur son ligera y moderadamente ácidos respectivamente (SARH 1990), debido a los aportes de materiales orgánicos que al descomponerse liberan ácidos débiles que tienden a disminuir el pH del suelo (Martínez *et al.* 2008), situación dependiente de la estacionalidad y precipitación que ocurre en el lugar.

Con base en Vázquez-Alarcón (1997) el contenido de materia orgánica es pobre en las tres zonas, siendo ligeramente menor en

la zona centro, aunque presentó la mayor diversidad de especies pero en menor cantidad. Las concentraciones de nitrógeno total se consideran ligeramente altas en los suelos, siendo ligeramente mayor en la zona norte. De acuerdo con Cottenie (1980), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona sur se considera como media, y alta en la zona centro y norte, atribuible principalmente al contenido de arcillas y en segundo lugar al aporte de residuos orgánicos por parte de la vegetación. Los iones intercambiables del complejo de cambio están saturados por  $\text{Ca}^{2+}$  en las tres zonas seguido de  $\text{Mg}^{2+}$  estos iones tienen su origen a partir de las rocas calizas y dolomíticas que se encuentran en la zona de estudio. Cabe mencionar que en las áreas de *A. bravoanus*, se presentaron las concentraciones más bajas de  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Na}^+$  encontrándose estos elementos menos disponibles por la vegetación debido a que en proporción la mayor cantidad de Ca se encuentra en la zona centro. Corroborándolo con la relación Ca:Mg que es >10:1 lo que puede afectar la disponibilidad de magnesio para la vegetación, siendo esta relación mayor en la zona centro.

## Discusión

### Distribución y abundancia de *Ariocarpus bravoanus*

La distribución de *Ariocarpus bravoanus* es muy limitada y su abundancia reducida a una población total de 352 individuos. En los sitios donde se encontró *Ariocarpus bravoanus* se observaron arroyos intermitentes en los cuales corre agua solo en la temporada de lluvias. Salas de León *et al.* (1999) mencionan que las plantas amenazadas de extinción del matorral desértico extienden su distribución en los piedemontes y llanuras aluviales, como es el caso de *Ariocarpus bravoanus*, *Astrophytum myriostigma*, *Echinocactus platyacanthus*, *Lophophora williamsii*, *Mammillaria candida*; donde estas especies son más robustas, debido a que encuentran una menor competencia entre ellas así como suelos más profundos que favorecen su establecimiento y desarrollo.

La especie de estudio tiene además de baja abundancia una cobertura de 0.03% y 0.01% considerando el área total de las tres zonas en donde se localiza, la cobertura de *Ariocarpus bravoanus* es mínima debido a su

CUADRO 2. Características morfológicas de los suelos de la zona de estudio.

Zonas	Profundidad (cm)	Humedad	Consistencia		Pedregosidad		Raíces	
			seco	húmedo	cantidad	tamaño	cantidad	tamaño
Norte	0 – 30	s	s, f		Mp, m		A, f y m	
Centro	0 – 30	lh	b, f		Lp, p		P, d	
Sur	0 – 30	s	s, f		Lp, p y g		A, d y m	

Humedad: s=seco, lh=ligeramente húmedo; Consistencia: s=suelto, b=blando, f=friable; Pedregosidad: Mp=muy pedregoso (de 20 a 50%), Lp=ligeramente pedregoso (de 1 a 5%); Tamaño m=medio (5 a 10 cm), p=pequeñas (1 a 5 cm), g=grandes (10 a 20 cm); Raíces: A=abundantes (de 100 a 500 por 3 dm<sup>2</sup>), P=pocas (de 5 a 10 por 3 dm<sup>2</sup>); f=finas (< de 1 mm de diámetro), d=delgadas (de 1 a 3 de diámetro), m=medias (de 3 a 10 mm de diámetro).

CUADRO 3. Propiedades físicas de los suelos estudiados.

Zonas	Profundidad (cm)	Densidad (g cm <sup>-3</sup> )		Porosidad	Partículas del suelo (%)			Clase textural
		aparente	real		Arenas	Limos	Arcillas	
Norte	0-30	0.9	2.2	57.14	43.9	44.2	11.9	Migajosa
Centro	0-30	1.0	2.2	56.13	53.0	36.1	10.9	Migajón-arenosa
Sur	0-30	0.8	1.9	58.52	44.2	24.2	17.3	Migajosa

CUADRO 4. Propiedades químicas de los suelos.

Zonas	Prof. (cm)	pH	MO (%)	Corg (%)	Nt (%)	CIC (Cmol + Kg <sup>-1</sup> )	Iones intercambiables (meq/100 g)				Relación Ca:Mg
							Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
Norte	0-30	6.57	4.76	2.76	0.24	21.48	118.50	7.72	0.79	0.74	15.3
Centro	0-30	6.71	4.17	2.42	0.21	20.70	111.61	6.61	0.70	0.97	16.9
Sur	0-30	5.69	3.57	2.07	0.18	19.26	99.10	7.62	1.29	1.15	13.0

MO=Materia orgánica; Corg=Carbono orgánico total; Nt=Nitrógeno total; CIC=Capacidad de Intercambio Catiónico

baja abundancia y tamaño pequeño. Aunque es necesario considerar que la cubierta vegetal en el área de muestreo, se ha visto afectada por la destrucción del hábitat y el tráfico ilegal de algunas especies que forman parte de la flora entre las que se encuentra la especie.

En algunas especies del mismo género se presentan los mismos patrones de distribución y abundancia, tal es el caso de *A. kotschoubeyanus*, el cual se distribuye también de forma limitada en parches de agregación, asociado a especies leñosas y agaváceas del mismo género (Suzán-Azpiri *et al.* 2011), en el caso de *A. trigonus* se ha encontrado la misma limitación en su distribución restringiéndolos en una zona específica, cabe destacar que en estos

estudios se han encontrado patrones de nodricismo (Suzán-Azpiri 1997), que bien son atribuibles también a *A. bravoanus*, pero como en los casos anteriores, no poseen este comportamiento exclusivo.

#### Especies asociadas a *Ariocarpus bravoanus*

En la zona de estudio, se reconocieron 31 géneros, agrupados en 14 familias, siendo la familia Cactaceae y Asteraceae las que agrupan el mayor número de especies y la presencia de especies ya mencionadas por Bravo-Hollis (1978) como *Bouteloua pauletia*, *Coryphanta* sp. y *Hechtia glomerata* Zucc., mientras que las especies nodrizas corresponden a: *Jatropha spathulata* y *Agave*

*striata*, como señalan Castro *et al.* (2004) presuntamente incrementando considerablemente su supervivencia. Se tiene documentado por Villavicencio *et al.* (2006), que *A. fissuratus* crece en asociación con especies de los géneros *Coryphanta* spp., *Ephithelanta* spp., *Echinocereus* spp., y *Opuntia* spp., tal como sucede con algunos de los géneros de los sitios 11 y 12 de la zona de estudio. Esta especie se encuentra a una altitud de entre 1 500 y 1 600 msnm; como demuestran Salas de León *et al.* (1999), en la zona de estudio la concentración de *Ariocarpus bravoanus* se encuentra de los 1 520 a 1 580 msnm.

#### **Características de los suelos en donde se establece *Ariocarpus bravoanus***

*Ariocarpus bravoanus* tiene predilección por establecerse en lomeríos bajos. Sin embargo, existen algunas diferencias entre las que se encuentran que los suelos de la ZN son someros, y los de la ZC y ZS se consideran como suelos de profundidad media de acuerdo con Aguilera (1989). Esta especie prefiere los suelos con menor cantidad de poros, pero en el que se encuentran poros más grandes y donde predomina una textura migajón-arenosa. Se considera que estas características de los suelos ayudan al anclaje de *A. bravoanus* por medio de sus raíces, así como a la buena absorción gracias a los pelos absorbentes, tienen una asimilación activa durante la temporada de lluvias, acelerando su crecimiento (Bravo-Hollis 1978). De acuerdo con López *et al.* (2010), esta especie tiene predilección por los suelos donde predominan fragmentos de roca de tamaño pequeño. La especie prefiere los suelos con menor cantidad de poros, pero en el que se encuentran poros más grandes y donde predomina una textura migajón-arenosa. Se considera que estas características de los suelos ayudan al anclaje de *A. bravoanus*

por medio de sus raíces, así como a la buena absorción gracias a los pelos absorbentes, tienen una asimilación activa durante la temporada de lluvias, acelerando su crecimiento (Bravo-Hollis 1978).

En las áreas de *A. bravoanus* el pH es neutro y se presentaron las concentraciones más bajas de  $Mg^{2+}$  y  $Na^{+}$  encontrándose estos elementos menos disponibles por la vegetación debido a que en proporción la mayor cantidad de Ca se encuentra en la zona centro.

### **Conclusiones**

La población total de *Ariocarpus bravoanus* fue de 352 individuos y su distribución es muy limitada, encontrándose solamente en dos sitios de la zona centro (ZC) del área en estudio.

Las especies *Bouteloua pauletia*, *Jatropha spathulata*, *Coryphanta* sp. *Agave striata* y *Hechtia glomerata* Zucc., se consideran como vegetación acompañante de *Ariocarpus bravoanus* las cuales favorecen su distribución y crecimiento, al mantener la humedad y aportar materia orgánica, que al descomponerse libera diversos nutrientes al suelo.

El género *Ariocarpus bravoanus* prefiere los suelos de profundidad media, de consistencia blanda, ligeramente húmedos y pedregosos, con rocas pequeñas y donde las especies acompañantes tengan pocas raíces de tamaño delgado.

Los suelos con presencia de *Ariocarpus bravoanus* son ligeramente pedregosos, con una densidad aparente de  $1 \text{ g cm}^{-3}$ , esta especie prefiere los suelos poco porosos, pero en el que se encuentran poros más grandes y donde predomina una textura migajón-arenosa ya que estas características ayudan al anclaje y penetración de las raíces de la especie.

Los suelos con *Ariocarpus bravoanus* presentan un pH tendiente a la neutralidad,



FOTO 2. Muestra un camino vecinal que entra a una zona de banco de materiales para la construcción.

son pobres en materia orgánica, con una CIC considerada como media debido más bien a la presencia de la fracción arcillosa que al aporte de MO por parte de la vegetación. En general el complejo de cambio está saturado con  $\text{Ca}^{2+}$ , aunque esta especie crece en las áreas donde es menor la presencia de  $\text{Mg}^{2+}$

### Agradecimientos

A la M en C. Aurora Chimal Hernández y al Biól. José Arévalo Ramírez, adscritos al laboratorio de Botánica y Sistemática Vegetal de la UAM-X, por la identificación de las especies colectadas y a los biólogos Juan Hidalgo, Leonardo Guerrero, Hugo Altamirano y Gabriel Santander por el apoyo durante las actividades realizadas en campo.

### Literatura citada

- Aguilera Herrera N. 1989. *Tratado de Edafología de México*. Tomo 1. Ed. Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de México. México.
- Álvarez R, Godínez-Álvarez H, Guzmán U & Dávila P. 2004. Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: Implicaciones para su conservación. *Bol Soc Bot Mex* **75**:7-16
- Arriaga L, Espinoza J M, Aguilar C, Martínez E, Gómez L & Loa E (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Cottene A. 1980. Los análisis de suelos y plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de suelos de la FAO 38/2 FAO, Roma, Italia.
- Granados-Sánchez D, & Sánchez-Gonzalez A. 2003. Clasificación fisonómica de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Terra Latinoamericana* **21**:321-332
- Hernández H M, Gómez H C & Bárcenas T R. 1997. Diversity and biogeography of cactaceae in the Huizache región, San Luis Potosí, México. Organización Internacional para el Estudio de Plantas Suculentas. *IOS Bull* **6**:14-15

- Hunt D. 1999. *CITES Cactaceae Checklist*. Royal Botanic Gardens Kew/ International Organization for Succulent Plant Study, England.
- Klute A. 1986. *Methods of Soil Analysis. Part 1-Physical and Mineralogical Methods. Methods*. American Society of Agronomy and Soils Science Society of America, Madison, WI.
- McAuliffe J R. 1990. A rapid survey method for the estimation of density and cover in desert plants communities. *J Veg Sci* **1**:653-656
- Martínez H E, Fuentes E J P, & Acevedo H E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R. C. Suelo y Nutrición Vegetal* **8**:68-96.
- Matías Palafox M L & Jiménez Sierra C. 2004. Distribución de Cactáceas en dos microhabitats de un matorral Crasicaule. Depto. de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Tesis. Biología. México.
- Salas de León S N, García-Mendoza A, & Reyes A J A. 1999. Distribución geográfica y ecológica de la flora amenazada de extinción en la zona árida del estado de San Luis Potosí, México. *Polibotánica* **10**:1-21.
- Sánchez-González A & López-Mata L. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* **74**:47-71.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1990. *Interpretaciones agronómicas que se deberán realizar a partir de los resultados de laboratorio*. Ed. Comisión Nacional Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola, Gerencia de Estudios. Jefatura de Proyecto de Agrología. México.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, 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. Marzo 6, 2002.
- Smith R L & Smith T M. 2005. *Ecología*. 4a. Edición, Ed. Pearson, Addison Wesley. España.
- Sparks D L. 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*. American Society of Agronomy and Soils Science Society of America, Madison, WI.
- Suzán-Azpíri H, Malda G, Caceiros A, Sánchez A, Guevara A & García O. 2011. Spatial Analysis for Management and Conservation of Cactaceae and Agavaceae in Central Mexico. *Procedia Environmental Sciences*. **7**:329-344.
- Suzán-Azpíri H, Malda G, Lara V M, Casas G S, Martínez AG, Villa M S, Loya L & López F. 1997. *Análisis de Viabilidad para Poblaciones de la Cactácea Amenazada Ariocarpus Trigonus Reporte Final de Actividades. Proyecto G037 CONABIO*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- Vázquez-Alarcón A. 1997. *Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo*. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Villavicencio G E, López G J J, Martínez B O U & García P G. 2006. *Distribución Digitalizada y Características Ecológicas del Género Ariocarpus spp., en Coahuila*. Publicación Especial Núm. 8. Ed. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Saltillo. México.

---

Recibido: junio 2012; aceptado: septiembre 2012.  
Received: June 2012; accepted: September 2012.