

Las pequeñas cactáceas: ¿camuflaje o simple coincidencia?

Patricia **Hernández-Ledesma**
Samuel **Cruz-Esteban**

Las regiones áridas y semiáridas de México ocupan más de la mitad del territorio nacional (Figura 1), concentrándose en el desierto sonorense y desierto chihuahuense que se extienden al norte hasta el sureste de Estados Unidos de América, y al sur hasta el oeste de Sonora y noroeste de Sinaloa y hasta la región semidesértica queretano-hidalguense, respectivamente; y en la región central del país, entre los estados de Puebla y Oaxaca, destaca la región semiárida del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Estas regiones no solo se caracterizan por la poca cantidad de lluvia que reciben anualmente, sino también por sus paisajes que albergan una gran cantidad de especies vegetales, entre ellas destacan las cactáceas.

La familia Cactaceae, que es el nombre botánico de este grupo de plantas, es originaria de América, se estima que tiene entre 1,450 y 1,870 especies (Hernández-Ledesma y cols., 2015). México se distingue por ser uno de los países más diversos con 670 especies (Arias y Aquino, 2019), de las cuales se considera que el 77 % son endémicas (Guzmán y cols., 2003), de tal manera que podemos encontrar desde los majestuosos saguaros (*Carnegiea gigantea*) y los cardones (*Pachycereus pringlei*) en el desierto sonorense, los impresionantes y masivos teteches o tetetzos (*Neobuxbaumia tetetzo*) y cardones blancos (*Cephalocereus columna-trajani*) en el Valle de



Figura 1. Las regiones áridas y semiáridas de México concentran el mayor número de cactáceas en el país (imagen disponible en: <https://www.atlaszonasaridas.com.mx/>).

Tehuacán-Cuicatlán (Figura 2), o las codiciadas biznagas doradas (*Kroenleinia grusonii*) en la región queretano-hidalguense (Figura 3); entre estos gigantes, también se encuentra una gran diversidad de pequeñas cactáceas como las biznaguitas (*Mammillaria* spp., *Coryphantha* spp.), los peyotes (*Lophophora williamsii*) y los peyotillos (*Strombocactus disciformis*) entre otros.

ADAPTACIONES A LA ARIDEZ

A través de su historia evolutiva las cactáceas han desarrollado características morfológicas y fisiológicas que les han permitido adaptarse a las condiciones de aridez, entre estas se pueden mencionar:

- 1) La pérdida o reducción de las hojas, lo que disminuye el área de la superficie de evapotranspiración, evitando así la pérdida de agua.
- 2) La transformación del pecíolo, que es el tallito que normalmente une a las hojas con los tallos o ramas, en una estructura engrosada conocida como tubérculo, podario o mamila.
- 3) La expansión del córtex, es decir, el tejido que se localiza por debajo de la epidermis, que en el caso de las cactáceas está conformado por células especializadas en realizar la fotosíntesis y por células especializadas en almacenar agua, esta característica les da la peculiaridad de tener tallos suculentos y además fotosintéticos.
- 4) El acortamiento de las ramas o brotes laterales con hojas transformadas en espinas dan lugar a

estructuras denominadas “areolas”, que son únicas de las cactáceas y de las cuales se desarrollan además lana, cerdas, aguates y pelos, estructuras cuya principal función es la protección, ya sea en contra de los herbívoros o para disminuir los daños causados por la radiación solar.

De las areolas también se desarrollan las flores y frutos (Jiménez, 2011). 5) Las raíces, que además de fijar las plantas al sustrato, pueden ser suculentas, napiformes o tuberosas, especializadas en

Figura 2. Los tetetzos, *Neobuxbaumia tetetzo*, una de las especies sobresalientes en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (foto: Patricia Hernández-Ledesma).





Figura 3. Biznaga dorada, *Kroenleinia grusonii*, creciendo en su hábitat natural en la región semidesértica queretano-hidalguense (foto: Patricia Hernández-Ledesma).

almacenar agua y nutrientes; o bien pueden ser fibrosas, muy ramificadas y de gran longitud, llegando a extenderse horizontalmente (hasta 15 m) a la profundidad mínima y que son altamente eficientes en absorber agua en periodos de lluvia cortos (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978).

RIESGOS QUE ENFRENTAN LAS CACTÁCEAS

Las cactáceas no solo han tenido que adaptarse a los ambientes extremos, también enfrentan a sus depredadores que comprenden una gran diversidad de animales herbívoros, ya que, al ser plantas almacenadoras de agua, representan una fuente muy atractiva de este recurso y de alimento. Otros factores de riesgo que presentan las cactáceas y que las han puesto en algún grado de amenaza derivan de las actividades humanas, en menor grado se encuentra el cambio de uso de suelo (mayormente la agricultura y la urbanización) y la introducción de ganado que las utilizan como forraje vivo.

En mayor grado y relevancia, es que al ser un grupo de plantas muy llamativas, ya sea por sus flores y frutos, por la gran diversidad de formas de vida (plantas columnares, globosas, cilíndricas, en forma de barril o de candelabro, entre otras), o por su grado de endemismo, una gran cantidad de especies se encuentran amenazadas debido a la extracción y comercio ilegal; es bien conocido el saqueo de cientos de miles de cactus de su hábitat cada año, ya sea por grupos organizados,

coleccionistas o aficionados, principalmente extranjeros, y en menor proporción, por pobladores locales, lo que ha puesto en declive a una gran cantidad de especies y sus poblaciones, actividad que se ha acrecentado por el uso de la internet que facilita el comercio ilegal.

Debido a esto, una de las evaluaciones más recientes (Goettsch y cols., 2015) echa a las cactáceas bajo las Categorías y Criterios de Amenaza de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), destaca que los cactus se encuentran entre los grupos de organismos más amenazados de los evaluados hasta entonces, con un 31 % de especies amenazadas del total de las analizadas; mientras que, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) enlista a la mayoría de las cactáceas mexicanas en el apéndice II (especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio), y 43 especies en el apéndice I en peligro de extinción (CONABIO, 2021).

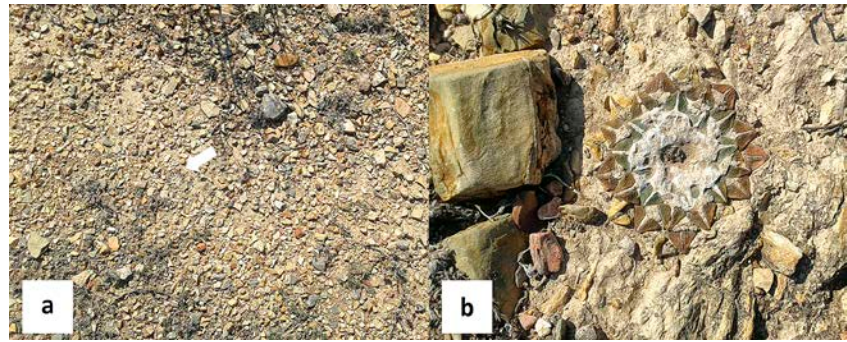
En términos nacionales, en la norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se incluyen más de 260 miembros de cactáceas, entre especies y subespecies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, algunas de ellas en peligro de extinción.

¿CÓMO ENFRENTAN ALGUNAS CACTÁCEAS

LOS RIESGOS A LOS QUE SE ENFRENTAN?

Las presiones que ejercen los herbívoros y/o depredadores a las plantas y animales, han dado origen a una gran variedad de mecanismos de defensa por parte de las plantas hospederas y animales presa. Uno de los mecanismos más conocidos es el camuflaje, también llamado coloración críptica, un tipo de defensa visual que los organismos usan para disfrazar su apariencia, generalmente para pasar

Figura 4. Diversas plantas de *Ariocarpus kotschoubeyanus* a) mostrando coincidencia de fondo con el sustrato en el que crece, la flecha señala a una de ellas, b) acercamiento de una de las plantas (foto: Patricia Hernández-Ledesma).



desapercibidos en su entorno, lo que les permite enmascarar su ubicación, identidad o movimiento. Si bien el camuflaje está ampliamente documentado en animales, curiosamente, y aunque menos conocido, muchas plantas presentan las mismas tácticas de camuflaje, por ejemplo; para no llamar la atención de los herbívoros.

En general estas técnicas incluyen: 1) Coincidencia de fondo, cuando los organismos presentan colores, grados de luminosidad o patrones específicos de coloración para confundirse con el entorno o el sustrato; 2) Coloración disruptiva, en la cual los organismos presentan marcas que crean la apariencia de bordes y límites falsos y hacen difícil detectar su contorno; 3) Mascarada o disfraz, aquí la apariencia de los organismos se asemeja a su entorno para disuadir la atención sobre ellos y, 4) Decoración, en la que los organismos están cubiertos por material suelto de su entorno, quedando ocultos debajo de este (Niu y cols., 2018).

Si bien las características de la mayoría de las cactáceas están adaptadas a las condiciones de aridez, al parecer algunas, principalmente las que son de tamaño pequeño, también han evolucionado para camuflarse como un mecanismo de defensa contra los herbívoros; el sistema más extendido es el de coincidencia de fondo con el sustrato en el que se desarrollan.

Un ejemplo muy interesante es *Ariocarpus kotschoubeyanus*, también conocido como peotillo o pata de venado, una pequeña cactácea endémica de México que habita en planicies aluviales del

desierto chihuahuense, con poblaciones aisladas entre Coahuila y Querétaro.

Es una planta que crece a nivel del suelo, su tallo es globoso-deprimido de hasta 8 cm de ancho y conformado por tubérculos en forma de triángulo aplanado con lana en su superficie (Arias y Aquino, 2019), y por lo menos en las poblaciones de Querétaro, en una sola planta los tubérculos varían entre el color verde, café-verdoso y amarillento, que se camuflan con el sustrato arcilloso pedregoso en el que crecen (Figura 4).

Otro ejemplo es *Mammillaria haageana* subespecie *meissneri*, también conocida como biznaguita blanca, es una pequeña cactácea endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Es una planta cuyos tallos son cilíndricos cortos, de 4 a 5 cm de alto y hasta 4 cm de ancho (Arias y cols., 2012), de color verde-grisáceo y cubierto totalmente de espinas blancas, características que se camuflan con el fondo calcáreo del sustrato donde crecen (Figura 5).

Al parecer estas cactáceas utilizan distintos recursos para camuflarse; por un lado, en *Ariocarpus kotschoubeyanus*, el camuflaje está dado por la coloración de los tubérculos. En esta especie, así como en todas las cactáceas, los pigmentos encargados de la coloración diferente al verde, principalmente de flores y frutos, son las betalainas; sin embargo, es totalmente desconocido el papel de estos pigmentos con el camuflaje y su variación y concentración respecto a los pigmentos fotosintéticos, las clorofilas.

En *Mammillaria haageana* subespecie *meissneri*, el camuflaje está mediado principalmente

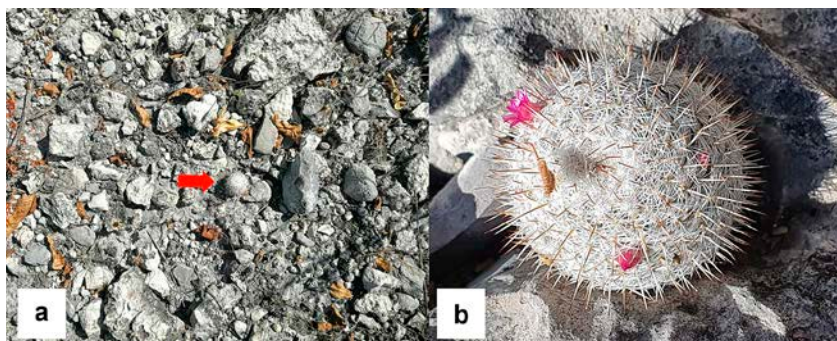


Figura 5. *Mammillaria haageana* sub-especie. *meissneri* a) mostrando coincidencia de fondo con el sustrato en el que crece, la flecha señala a una de ellas, b) acercamiento de una de las plantas. (foto: Samuel Cruz-Esteban).

por las espinas. Algunos autores, como Mauseth (2006), ya han comentado que en las cactáceas el color de las espinas puede ser importante para su camuflaje. Si bien la base de la pigmentación de las espinas en este aspecto es desconocida, en las cactáceas que tienen espinas de colores llamativos que comúnmente incluyen el color anaranjado, rojo, amarillo o negro, la coloración es el resultado de derivados de las betalainas, indicando que, entre las diversas funciones de estos pigmentos, se encuentra la coloración aposemática (Lev-Yadun, 2016), otro mecanismo de defensa que consiste en mostrar por medio de colores brillantes, señales de advertencia o peligrosidad a los herbívoros y depredadores.

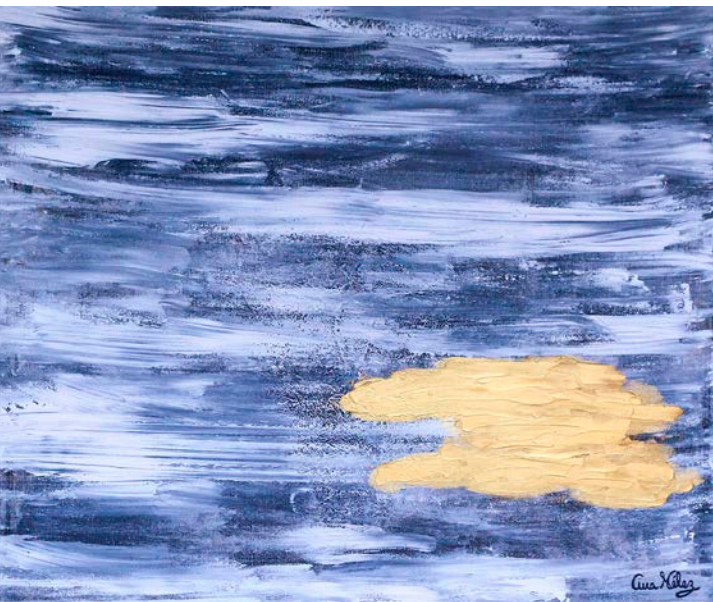
Utilizando diferentes medios para camuflarse, estas dos cactáceas presentan coincidencia de fondo con el sustrato, ambas tienen la peculiaridad de crecer en planicies y lugares abiertos o perturbados y pedregosos, donde quedan totalmente expuestas.

Por un lado, *Ariocarpus kotschoubeyanus* está en riesgo debido a la modificación del uso del suelo por asentamientos humanos, sobrepastoreo, extracción de leña, su uso en medicina tradicional, así como la extracción por recolectores ilegales por tener valor ornamental (Arias y Aquino, 2019) y actualmente está protegida por las instancias nacionales e internacionales. Mientras que *Mammillaria haageana* subespecie *meissneri*, tiene una distribución más restringida, no ha sido considerada en este aspecto, y algunas de sus poblaciones están sujetas a la presión que ejerce la industria salinera y la explotación de piedra de cantera y ónix.

¿CAMUFLAJE MEDIADO POR LA EXTRACCIÓN DE LAS PLANTAS?

En México son pocos los estudios enfocados en determinar qué factores de selección están implicados en el camuflaje de las plantas; sin embargo, dado que el principal riesgo de amenaza que presentan las cactáceas es la extracción ilegal ¿se podría pensar que este factor está mediando el camuflaje en estas cactáceas? Si bien parece una pregunta controversial, en otro grupo de plantas emparentadas con los tulipanes, investigadores del Instituto Botánico de Kunming y la Universidad de Exeter (Niu y cols, 2021), estudiaron la presión que ejerce la extracción de plantas sobre el camuflaje de *Fritillaria delavayi*, una hierba perenne cuyo bulbo ha sido ampliamente utilizado y codiciado por la medicina tradicional china.

Las plantas de esta especie crecen en las montañas de los Himalaya y Hengduan, en el suroeste de China. Las plantas son extremadamente difíciles de encontrar ya que sus hojas, que varían entre el color gris, marrón y verde, apenas son distinguibles de las rocas marrones y grises que conforman su ambiente; es decir, hay un mecanismo de coincidencia de fondo en acción. En este caso los investigadores analizaron la variación del color de las hojas de *Fritillaria delavayi* en poblaciones expuestas a diferentes grados de recolección por parte de los humanos. De acuerdo con sus resultados, entre más vulnerable es un sitio a la extracción de las plantas, mayor es la coincidencia



© Ana Vélez.

de fondo de estas con su entorno; con esto se ha comprobado y concluido que el camuflaje de esta especie ha evolucionado en respuesta a la presión que ejercen los recolectores humanos y no a la presión de los herbívoros.

Derivado de este ejemplo, no es desacertado pensar que en muchas de las cactáceas el camuflaje esté mediado por la presión que ha estado ejerciendo la extracción de las plantas de su hábitat por parte de los humanos, ya que esta es la principal fuente de amenaza que enfrentan. Si bien hacen falta estudios pertinentes, se abre un campo de investigación para responder a esta pregunta, que pueda aterrizar en propuestas más incluyentes para su conservación.

CONCLUSIONES

Las cactáceas es uno de los grupos de plantas más emblemáticos y llamativos de México, pero también uno de los más amenazados. Biológicamente presentan una serie de adaptaciones que además de responder a las condiciones de aridez, podrían estar respondiendo a la presión de las acciones antropogénicas, que probablemente estén dirigiendo

la evolución de muchas de ellas. Sin duda se trata de un grupo de plantas más maleables de lo que se podría pensar y acerca de las cuales quedan todavía diversas preguntas por responder.

REFERENCIAS

- Arias S y Aquino D (2019). Cactaceae I. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes* 209:1-278.
- Arias S, Gama López S, Guzmán Cruz U y Vázquez Benítez B (2012). Cactaceae. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán* 95:1-135.
- Bravo-Hollis H y Sánchez-Mejorada H (1978). *Las cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- CONABIO (2021). Especies en apéndices CITES. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/cites/especies>.
- Goettsch B, Hilton Taylor C, Cruz Piñón G closet *al.* (2015). High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants* 1, 15142.
- Guzmán U, Arias S y Dávila P (2003). *Catálogo de cactáceas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Hernández Ledesma P, Berendsohn WG, Borsch T y cols (2015). A taxonomic backbone for the global synthesis of species diversity in the angiosperm order Caryophyllales. *Willdenowia* 45:281-383.
- Jiménez SCL (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria* 12(1):3-22.
- Lev Yadun S (2016). *Defensive (anti-herbivory) coloration in land plants*. Springer.
- Mauseth JD (2006). Structure-function relationships in highly modified shoots of Cactaceae. *Annals of Botany* 98:901-926.
- Niu Y, Stevens M y Sun H (2021). Commercial harvesting has driven the evolution of camouflage in an alpine plant. *Current Biology* 31(2):446-449.
- Niu Y, Sun H y Stevens M (2018). Plant camouflage: ecology, evolution, and implications. *Trends in Ecology and Evolution* 33(8):608-618.
- 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, México.

Patricia Hernández-Ledesma
Instituto de Ecología, A.C.
Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano
Pátzcuaro, Michoacán
patricia.hernandez@inecol.mx

Samuel Cruz-Esteban
Instituto de Ecología, A.C.
Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano
Pátzcuaro, Michoacán
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología