

Cactus en descomposición, un oasis para los insectos y microorganismos de las zonas áridas

Decomposing cactus, an oasis for insects and microorganisms in arid lands

Ana Paola Martínez-Falcón

ana_martinez6052@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3307-3989>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Laura Yáñez-Espinosa

lyaneze@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5211-3603>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Joel Flores

joel@ipicyt.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8856-6022>

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

Jesús Israel Morales-Jiménez

Israle200@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9010-6268>

UAM-Xochimilco

Alfredo Ramírez-Hernández

Alfredo.ramirez@ipicyt.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7261-7443>

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C.

Recibido: 7 de marzo de 2024.

Aceptado: 16 de abril de 2024.

Publicado: 5 de julio 2024.

Doi: <https://doi.org/10.29057/h.v6i2.12413>

Paisaje de cactáceas en la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán.
Fotografía: Ana Paola Martínez Falcón

Resumen

Las cactáceas presentan una elevada diversidad y son un grupo emblemático del paisaje mexicano. Estas plantas proveen de alimento y refugio a muchos animales de zonas desérticas, pero al descomponerse sus tejidos ofrecen una nueva fuente de recursos para una fauna muy particular, la entomofauna (algunos insectos y otros artrópodos). En este trabajo se describe la entomofauna que depende de las partes en descomposición de varias especies de cactáceas para su supervivencia, así como su posible papel en la descomposición de estas plantas y sus interacciones.

Palabras clave: Cactaceae, Coleoptera, Diptera, América

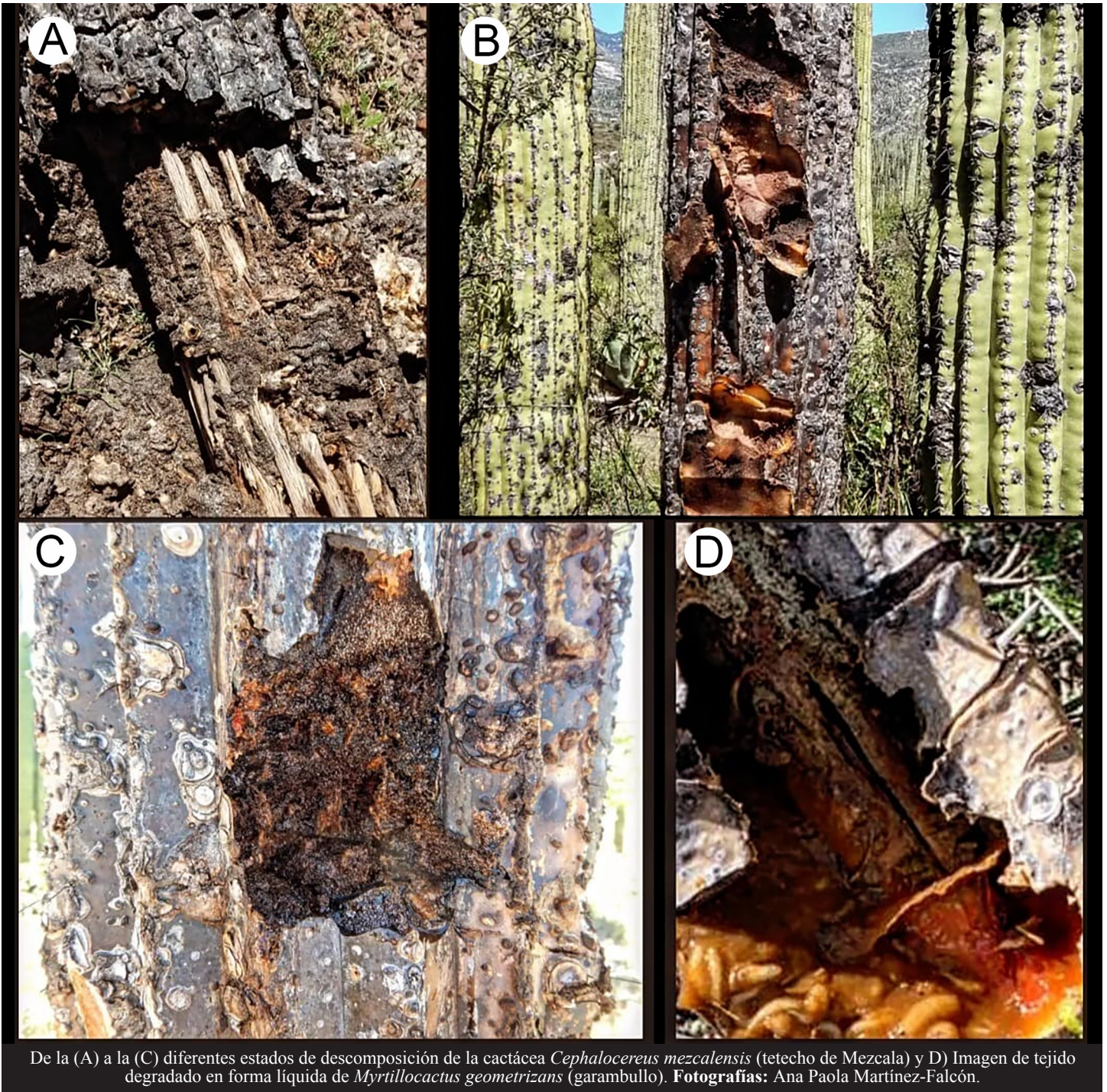
Abstract

Cacti present a high diversity and are an emblematic group of the Mexican landscape. These plants provide food and shelter to many animals in desert areas, but as their tissues decompose, they offer a new source of resources for a very particular fauna, the entomofauna (some insects and other arthropods). This work describes the entomofauna that depend on the decomposing parts of several species of cacti for their survival, as well as their possible role in the decomposition of these plants and their interactions.

Keywords: Cactaceae, Coleoptera, Diptera, America

Las cactáceas y su proceso de descomposición

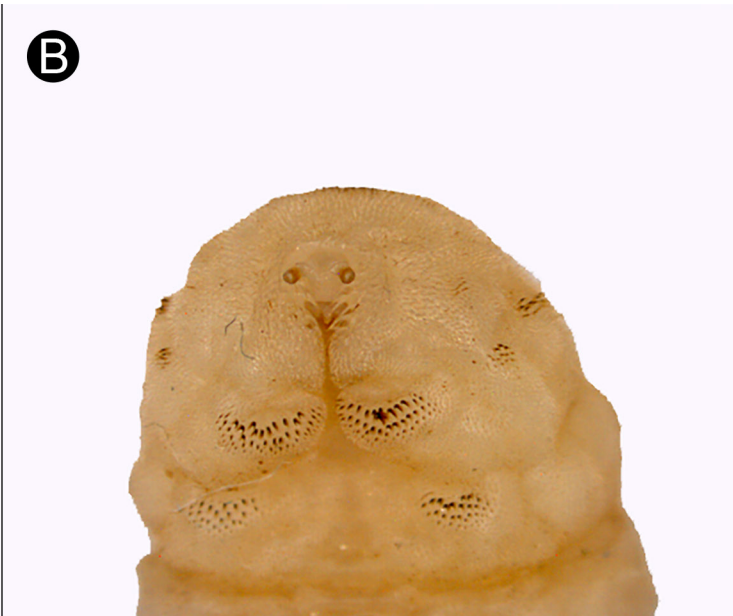
Las cactáceas son plantas distribuidas ampliamente en las zonas desérticas y semidesérticas de América. Estas plantas suculentas son originarias del continente americano, pero actualmente se pueden encontrar en otros continentes como plantas de ornato o de cultivo. Se han registrado 150 géneros y 1,851 especies de cactáceas en todo el continente americano



(Korotkova *et al.*, 2021). México es el país con la mayor diversidad, con 52 géneros y 850 especies documentadas, y se calcula que el 84% de las especies que se encuentran en México son endémicas (solamente se encuentran en nuestro país) (Guerrero *et al.*, 2019).

Las cactáceas desarrollan al interior del tallo un cilindro sólido completo de madera o presentan haces vasculares que se fusionan parcialmente en la base del tallo cuya función principal es brindarle soporte mecánico (Mauseth y Plemons, 1995; Bernal-Salazar y Terrazas, 2005). La madera es un tejido vascular formado por células “huecas” semejantes a tubos unidas entre sí, cuya pared celular

les aporta rigidez y los impermeabiliza permitiendo el transporte de agua y nutrientes (Myburg *et al.*, 2013). La pared celular de estas células está constituida en proporción de 15 a 42% de lignina, 28 a 38% de celulosa y 14 a 24% de hemicelulosa (Maceda *et al.*, 2018). Comparado con otras plantas leñosas su proporción es similar, ya que los pinos tienen 23 a 30% de lignina y 33 a 46% de celulosa, y los sauces 25% de lignina y 44% de celulosa, pero contrastan con las no leñosas como los magueyes con 7 a 16% de lignina, 65 a 84% de celulosa y 3 a 10% de hemicelulosa y trigo con 20% de lignina, 37% de celulosa y 24% de hemicelulosa (Chávez-Sifontes y Domine, 2013; Anoop *et al.*, 2014; Díez *et al.*, 2020).



Ejemplar adulto (A) y larva (B) de moscas de la familia Syrphidae encontrados en cactáceas en descomposición de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. **Fotografías:** Ana Paola Martínez-Falcón.

Las cactáceas sufren daños físicos en sus tejidos debido al exceso de lluvia (Pimienta-Barrios *et al.*, 2000), daños físicos por rupturas debido a fallas mecánicas (Zavala-Hurtado y Díaz-Solís, 1995), o por herbívoros (Bravo-Aviles *et al.*, 2014). Al fraccionarse sus tallos en segmentos, comienza el proceso de descomposición sobre todo de sus tallos que poseen una gran cantidad de agua, por lo que son un medio idóneo para el desarrollo de bacterias y levaduras que comienzan a degradar el segmento que, a su vez, es utilizado pronto por grupos de artrópodos tales como dípteros, coleópteros, arácnidos y ácaros. El proceso es muy parecido a la pudrición parda de la madera, donde inicialmente los tejidos tienen una consistencia blanda, para posteriormente convertirse en una masa gelatinosa, que poco a poco se vuelve más líquida. Esto se debe a que las bacterias atacan la pared celular erosionándola o perforándola, lo que reduce su rigidez y, por lo tanto, se reduce la resistencia de la madera a la compresión y a la flexión (propiedades mecánicas) (Clausen, 1996). Posteriormente, conforme el proceso degradativo progresa, el tejido va perdiendo humedad permaneciendo los compuestos menos lábiles (con menor capacidad para desintegrarse) y los tejidos lignificados, produciéndose la disgregación de la madera (Martínez-Falcón *et al.*, 2012).

El periodo degradativo de estos segmentos varía con el tamaño del fragmento y con la especie de cactácea. Por ejemplo, para *Lophocereus schottii* (senita), una cactácea columnar con tallos relativamente delgados, se ha reportado un promedio degradativo de 1 a 3 meses, y *Pachycereus pringlei* (cardón gigante) que es un cactus que crece en la costa de Sonora, se descompone en un año (Castrezana y Markow, 2001). El proceso de descomposición de las cactáceas está descrito en pocas especies. Martínez-Falcón *et al.* (2012) analizaron el proceso de descomposición de *Isolatocereus dumortieri* (órgano cimarrón o candelabro)

en condiciones de campo, y su tasa de descomposición es mayor en presencia de larvas de sírfidos (moscas que pertenecen a la familia Syrphidae) que en su ausencia.

Artrópodos y microorganismos asociados a cactus en descomposición

Los grupos de artrópodos que principalmente se han registrado en cactáceas podridas son los dípteros y los coleópteros (comúnmente conocidos como escarabajos), ya que algunas especies tienen hábitos de vida asociados a los cactus podridos. En el caso de los dípteros, se registraron a las familias Drosophilidae y Syrphidae. Por otro lado, en relación con los coleópteros, se documentó una amplia gama de familias, entre las que destacan Staphylinidae, Hydrophilidae, Histeridae y Curculionidae. Otros grupos de artrópodos registrados son Hymenoptera, Acari, Pseudoscorpionida y Lepidoptera (Martínez-Falcón *et al.*, 2023).

Desentrañando los grupos de insectos más conocidos en cactáceas en descomposición, tenemos a los dípteros sírfidos, cuyo género más estudiado es *Copestylum* (Syrphidae) (Martínez-Falcón *et al.*, 2012). Este género es endémico del continente americano (es decir, que solamente se encuentra en este continente) y es uno de los más diversos del Neotrópico. México es uno de los países con una alta diversidad de especies de este género, y una buena parte de ellas están adaptadas a vivir asociadas a cactus y agaves en descomposición (Rotheray *et al.*, 2009). Martínez-Falcón *et al.* (2011) fueron los pioneros en realizar un análisis de la diversidad de sírfidos en cactáceas en descomposición, este trabajo menciona una recomendación para la gestión de las zonas con cactáceas, que consiste en no quitar estos sustratos pues son fuente

de sustento de especies de insectos. Martínez-Falcón *et al.* (2010) analizaron las interacciones entre las especies con sírfidos de varias cactáceas en descomposición, encontrando que las especies de moscas interactúan con diferentes especies de cactáceas dependiendo de la época del año.

Los pocos trabajos realizados acerca de la descomposición de cactáceas se desarrollaron en el Desierto Sonorense y el Desierto Chihuahuense. Estos estudios se centran en el sistema cactus-*Drosophila*-microorganismo (Starmer, 1982). Foster y Fogleman (1994) analizaron las comunidades de bacterias de diferentes especies de cactáceas en descomposición. *Stenocereus thurberi* (órgano), *Carnegiea gigantea* (saguaro) y *Lophocereus schottii* (senita) son los modelos en los cuales se reportó la interacción cactus-*Drosophila*-microorganismo. Estas especies son simpátricas (es decir, que sus áreas de distribución se superponen) y representativas del Desierto Sonorense, y son un hábitat favorable para las especies de bacterias por ser un sustrato húmedo en el árido desierto.

Los artrópodos comúnmente reportados en cactáceas en descomposición de los desiertos del norte de México son los dípteros de especies de *Drosophila* (género de moscas pequeñas, perteneciente a la familia Drosophilidae). Varias especies de *Drosophila* endémicas del Desierto Sonorense son altamente abundantes en estos sustratos e incluso parecen tener una coevolución, dadas las condiciones de la especie hospedera de cactus. Las larvas de *Drosophila* se desarrollan en los cactus y algunas especies de moscas ocupan varias especies de cactáceas como sitio de alimentación y desarrollo, otras son altamente específicas de una determinada especie de cactácea. *Drosophila mojavensis*, por ejemplo, se alimenta de *Stenocereus thurberi* (pitayo dulce) y *Stenocereus gummosus* (cactus errante); en cambio, *Drosophila pachea* sólo se alimenta de *Carnegiea gigantea* (Castrezana y Markow, 2001). Los procesos fermentativos de estos cactus producen sustancias volátiles que ayudan a la longevidad, tasas metabólicas y fecundidad de los adultos de *Drosophila* (Foster y Fogleman, 1994; Fogleman y Danielson, 2001).


Por otra parte, las comunidades de bacterias que utilizan los cactus en descomposición del Desierto Sonorense están bien documentadas. Cada especie de cactus es químicamente diferente, especialmente en sus compuestos secundarios. *Stenocereus thurberi* tiene altas concentraciones de triterpenos (30% en peso seco), así como ácidos grasos de cadenas largas, inusuales en otras especies de plantas. En contraste, *Carnegiea gigantea* no posee triterpenos ni ácidos grasos inusuales, pero tiene alcaloides ausentes en otras especies de cactáceas columnares. Muchos de esos compuestos pueden afectar a la colonización de microbios que residen y descomponen el cactus, así como la entomofauna que se alimenta de ese sustrato.

En el modelo cactus-*Drosophila*-microorganismo, las bacterias son las primeras en colonizar el segmento recién caído, mientras que las levaduras cactofílicas (es decir, que tienen preferencia por las cactáceas) son las segundas en llegar al sistema (Foster y Fogleman, 1994; Fogleman y Danielson, 2001). Los productos volátiles derivados de la actividad metabólica de las levaduras cactofílicas de los tejidos necrosados son la base química de la selección de la planta hospedera por los adultos de moscas *Drosophila* estimulando su puesta de huevos (Fogleman *et al.*, 1981). Además, los estados larvales y adultos del género *Drosophila* se alimentan de la biomasa de bacterias y levaduras, por lo tanto, los microorganismos de los cactus son importantes como fuente de nutrición al incrementar el contenido de nitrógeno asimilable. También las levaduras cactofílicas degradan compuestos tóxicos para las moscas (Starmer, 1982) y proporcionan esteroides, vitaminas y aminoácidos esenciales en su dieta (Blackwell, 2017). Asimismo, las levaduras y los compuestos volátiles que producen incrementan el tiempo de supervivencia y el vigor de los adultos de dípteros (Ganter *et al.*, 1989).

A pesar de esos estudios detallados de la biología y ecología de los microorganismos y especies de *Drosophila*, poco se conoce sobre el proceso de liberación de nutrientes durante la degradación, es decir, cómo afecta este proceso a los ciclos de carbono y de nitrógeno, entre otros. Tampoco se sabe el papel que juegan los insectos y microorganismos en el proceso de degradación de los cactus y sus posibles implicaciones en la ecología de zonas áridas y semiáridas. Las especies de cactus cambian según las regiones geográficas; por ejemplo, las especies de cactus estudiadas en el sistema cactus-*Drosophila*-microorganismo únicamente se presentan al noroeste de México, es decir, son endémicas localmente. El cactus dominante del noroeste de México es *Carnegiea gigantea*, mientras que los ecosistemas áridos del centro de México están dominados por especies de los géneros *Stenocereus* y *Myrtillocactus*, principalmente (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1978), por lo que hacen falta muchos estudios en las diferentes regiones para entender las asociaciones entre artrópodos y las especies de cactáceas en descomposición en México.

Las especies de insectos asociadas a los cactus varían mucho entre regiones del país. El género *Drosophila* parece ser dominante tanto en abundancia como en diversidad de especies para las zonas desérticas del norte de México, ya que varios estudios realizados en cactáceas del centro de México, reportan baja abundancia y diversidad de este género de dípteros y, en cambio, muy alta para el género *Copestylum*. Diversos estudios de insectos criados en sustratos de cactáceas, tanto columnares como de nopales (*Opuntia* sp.) en la región Neotropical de México, mostraron un gran número de especies e individuos de *Copestylum*, por lo que se debería estudiar con mayor énfasis el sistema cactus-*Copestylum*-microorganismo.

Perspectivas de estudio

Estos estudios pioneros proporcionaron una línea de investigación importante, pero aún falta mucho por conocer sobre este sistema tritrófico de ambientes áridos y semiáridos, como su participación en la tasa de descomposición de otras especies de cactáceas dominantes, su influencia en la proporción de agua y carbono reservadas en los tallos y raíces, así como su importancia en otras zonas de Norteamérica. Asimismo, será interesante analizar el contenido de nitrógeno que aportan otras especies de cactáceas y si estas relaciones descubiertas entre microorganismos y larvas de sírfidos se mantienen bajo distintas circunstancias. Las especies del género *Drosophila*, debería ser incluidas en futuros estudios, así como las especies del cuarto nivel trófico, es decir, los depredadores, parásitos o parasitoides de las larvas de sírfidos que se encuentran asociadas a estas cactáceas en descomposición, ya que pueden estar regulando las poblaciones de insectos saprófagos e incidir indirectamente en el proceso de descomposición de la materia vegetal de cactáceas. Apenas empiezan a develarse las relaciones entre diferentes componentes de la biodiversidad y su influencia en los procesos de los ecosistemas. 

Referencias

- Anoop, E. V., Ajayghosh, V., Nijil, J. M. y Jijeesh, C. M. (2014). Evaluation of pulp wood quality of selected tropical pines raised in the high ranges of Idukki District, Kerala. *Journal of Tropical Agriculture*, 52 (1), 59-66.
- Bernal-Salazar, S. y Terrazas, T. (2005). Wood anatomical variation of *Neobuxbaumia tetetzo*: A columnar Cactaceae. *Journal of Arid Environments*, 63 (4), 671-685.
- Blackwell, M. (2017). Made for each other: ascomycete yeasts and insects. *The fungal kingdom*, 945-962.
- Bravo-Aviles, D., Rendón-Aguilar, B., Zavala-Hurtado, J. A. y Fornoni, J. (2014). First report of *Cactophagus spinolae* (Coleoptera: Curculionidae) on two species of *Stenocereus* (Cactaceae) in Central Mexico. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 85 (3), 972-974.
- Bravo-Hollis, H. y Sánchez Mejorada, H. (1978). Las Cactáceas de México. Tomo I. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castrezana, S. y Markow, T.A. (2001). Arthropod diversity in necrotic tissue of three species of columnar cacti (Cactaceae). *Canadian Entomologist*, 133 (3), 301.
- Chávez-Sifontes, M. y Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4 (4), 15-46.
- Clausen, C. A. (1996). Bacterial associations with decaying wood: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 37 (1-2), 101-107.
- Díez, D., Uruña, A., Piñero, R., Barrio, A. y Tamminen, T. (2020). Determination of hemicellulose, cellulose, and lignin content in different types of biomasses by thermogravimetric analysis and pseudocomponent kinetic model (TGA-PKM Method). *Processes*, 8 (9): 1048.
- Fogleman, J. C., Starmer, W. T. y Heed, W. B. (1981). Larval selectivity for yeast species by *Drosophila mojavensis* in natural substrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78 (7), 4435-4439.
- Fogleman, J. C. y Danielson P. B. (2001). Chemical interactions in the Cactus Microorganism-*Drosophila* model system of the Sonoran Desert. *American Journal of Zoology*, 41, 877-889.
- Foster, J. L. y Fogleman, J. C. (1994). Bacterial succession in necrotic tissue of agria cactus (*Stenocereus gummosus*). *Applied and Environmental Microbiology*, 60 (2), 619-625.
- Ganter, P. F., Peris, F. y Starmer, W. T. (1989). Adult life span of cactophilic *Drosophila*: interactions among volatiles and yeasts. *American Midland Naturalist*, 331-340.
- Guerrero, P. C., Majure, L. C., Cornejo-Romero, A. y Hernández-Hernández, T. (2019) Phylogenetic relationships and evolutionary trends in the cactus family. *Journal of Heredity*, 110 (1): 4–21.
- Korotkova, N., Aquino, D., Arias, S., Egli, U., Franck, A., Gómez-Hinostrosa, C., Guerrero, P. C., Hernández, H. M., Kohlbecker, A., Köhler, M., Luther, K., Majure, L. C., Müller, A., Metzger, D., Nyffeler, R., Sánchez, D., Schlumpberger, B. y Berendsohn, W. G. (2021). Cactaceae at Caryophyllales.org – a dynamic online species-level taxonomic backbone for the family. – *Willdenowia*, 51, 251–270.
- Maceda, A., Soto-Hernández, M., Peña-Valdivia, C. B. y Terrazas, T. (2018). Chemical composition of cacti wood and comparison with the wood of other taxonomic groups. *Chemistry and Biodiversity*, 15 (4), e1700574.
- Martínez-Falcón, A.P., Marcos-García, M.A., Díaz-Castelazo, C. y Rico-Gray, V. (2010). Seasonal changes in a cactus-hoverfly (Diptera: Syrphidae) network. *Ecological Entomology*, 35, 754-759.
- Martínez-Falcón, A.P., Marcos-García, M.A. y Moreno, C. (2011). Temporal shifts and niche overlapping shifts and niche overlapping in *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) communities reared in cactus species in a central Mexican scrubland. *Ecological Research*, 26, 341-350.
- Martínez-Falcón, A. P., Marcos-García, M. A., Moreno, C. y Rotheray, G. (2012). A critical role for *Copestylum larvae* (Diptera, Syrphidae) in the decomposition of cactus forests. *Journal of Arid Environments*, 78, 41-48.
- Martínez-Falcón, A. P., Yáñez-Espinosa, L., Flores, J., Morales-Jiménez, J. I. y Ramírez-Hernández, A. (2023). A review of the entomofauna associated with decaying cacti in New World deserts. *Annals of the Entomological Society of America*, 116 (5), 243-260.
- Mauseth, J. D. y Plemons, B. J. (1995). Developmentally variable, polymorphic woods in cacti. *American Journal of Botany*, 82 (10), 1199-1205.
- Myburg, A.A., Lev-Yadun, S. y Sederoff, R.R. (2013) Xylem Structure and Function. In: *Encyclopedia of Life Science*. American Cancer Society.
- Pimienta-Barrios, E., Zanudo, J., Yopez, E., Pimienta-Barrios, E. y Nobel, P.S. (2000). Seasonal variation of net CO₂ uptake for cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments*, 44, 73-83.
- Rotheray, G. E., Marcos-García, M. A., Hancock, G., Pérez-Bañón, C. y Maier, C. T. (2009). Neotropical *Copestylum* (Diptera, Syrphidae) breeding in Agavaceae and Cactaceae including seven new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 156 (4), 697-749.
- Starmer, W. T. (1982). Analysis of the community structure of yeasts associated with the decaying stems of cactus I. *Stenocereus gummosus*. *Microbial Ecology*, 8, 71-81.
- Zavala-Hurtado, J. A. y Díaz-Solis, A. (1995). Repair, growth, age and reproduction in the giant columnar cactus *Cephalocereus columna-trajani*. *Journal of Arid Environments*, 31, 21-31.