

## Estrategias defensivas del algodón silvestre



### *Ciencia al Instante*

En los matorrales costeros de Yucatán, el algodón silvestre es un estratega silencioso que no solo cuenta cuánto lo comen, sino cómo lo comen. Al detectar si el daño está concentrado en pocas hojas o disperso en muchas, ajusta su defensa con precisión quirúrgica. Libera perfumes químicos que alertan a plantas vecinas, produce néctar extrafloral para reclutar hormigas guardaespaldas y modula sus toxinas según el patrón del ataque. Una historia fascinante donde cada mordisco cuenta y cada respuesta puede marcar la diferencia entre sobrevivir o desaparecer del paisaje costero.



# Estrategias defensivas del algodón silvestre

*No solo es cuánto te comen, sino cómo te comen*

*Las plantas no son víctimas inermes de sus atacantes, sino estrategias que leen el patrón de ataque de sus enemigos para reclutar aliados o alertar a plantas vecinas.*

**Cómo citar este artículo:** Ramírez-Delgado VH, Chiappa-Carrara X, Abdala-Roberts L. 2026. Estrategias defensivas del algodón silvestre. Revista Ciencia y Naturaleza (1228).





## *En las interacciones planta-insecto la variabilidad importa*

Históricamente, las personas dedicadas a estudiar la naturaleza, y en particular la ecología de las interacciones bióticas, se han centrado en el análisis de los valores promedio de las variables de respuesta que describen la interacción entre los organismos. El estudio de las interacciones entre plantas e insectos herbívoros suele implicar la medición de la cantidad de tejido foliar consumido por los insectos o la expresión de algún rasgo defensivo, como la concentración de metabolitos tóxicos producidos en las hojas de la planta.



Esta variación puede ser producto, por ejemplo, de diferencias en comportamiento, diversidad y abundancia de los insectos herbívoros presentes en un sitio. Aunado a esto, en una planta el daño puede presentarse en unas cuantas hojas o bien en una cantidad mayor de hojas (Fig. 1). Dado esto, calcular el promedio de daño por planta oculta información potencialmente importante sobre diferencias en los patrones de herbivoría y sus consecuencias ecológicas.



Por ejemplo, se ha visto que las plantas perciben y responden defensivamente de manera diferenciada a distintos patrones de herbivoría, incluyendo la producción de compuestos químicos (tóxicos para insectos herbívoros) o barreras físicas como tricomas (pubescencia).



Esto hace suponer que para una planta no es equivalente (en términos de impactos a su desempeño o estado general de salud) perder el 10% de su tejido foliar en un solo mordisco que perder esa misma cantidad total de tejido, pero distribuido en 10 heridas repartidas en múltiples hojas. Es decir, las plantas enfrentan diferentes retos en función del grado de uniformidad de los ataques en su follaje.

Es bajo este contexto que dilucidar las causas de dicha variabilidad en herbivoría, particularmente el grado de uniformidad (pocas vs. muchas hojas dañadas) en los ataques en el follaje de una planta, constituye una llave importante para entender de forma más completa la ecología y la evolución de las interacciones planta-herbívoros y las respuestas defensivas de las plantas.

En este sentido, si bien la descripción y evaluación de las interacciones entre especies usando promedios ha dominado en la ciencia de la ecología, se requiere de un enfoque complementario centrado en el estudio de la variabilidad de las interacciones entre especies y de los rasgos asociados a éstas para profundizar el conocimiento.



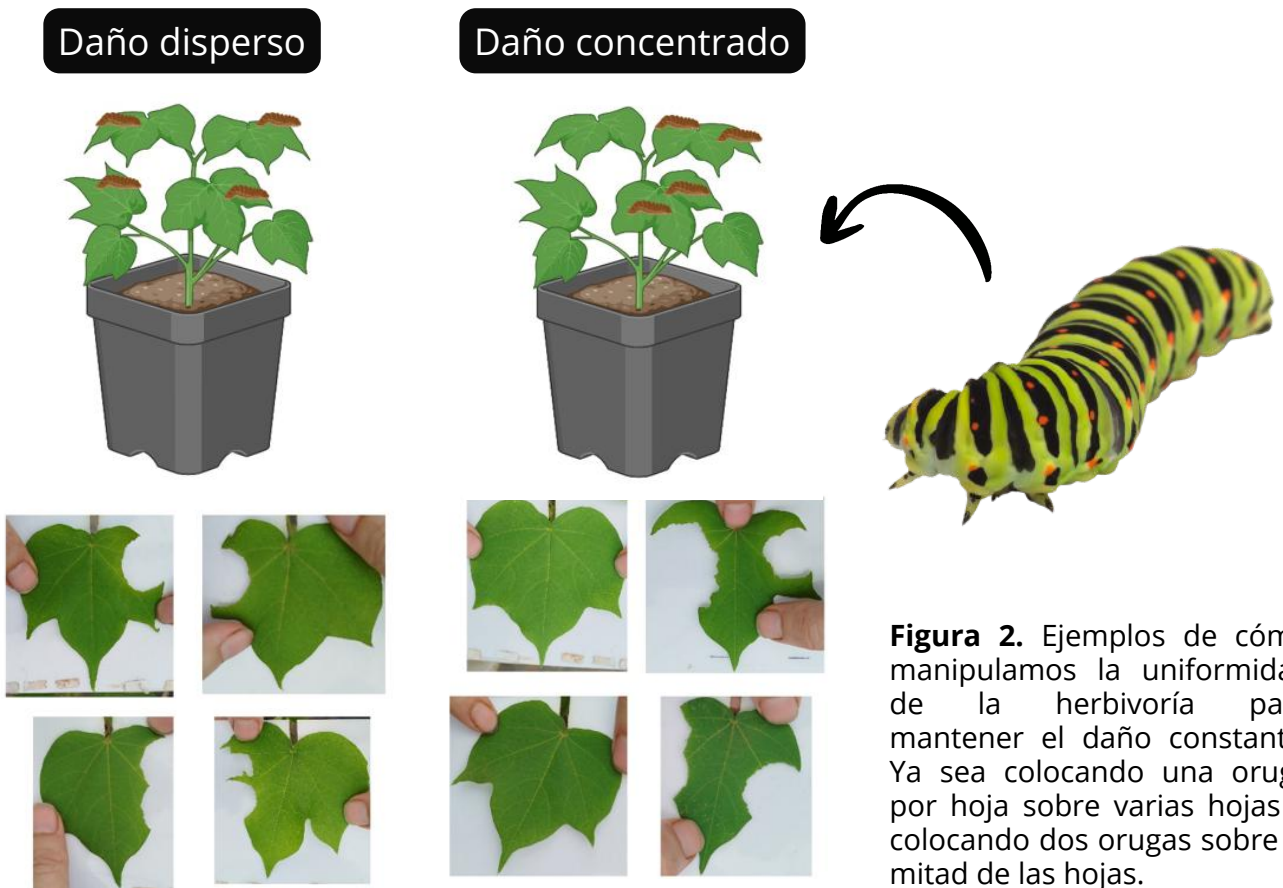
**Figura 1.** Hojas de una misma planta de algodón. Es importante notar que, a pesar de ser la misma planta, presenta niveles muy variables de daño por hoja.

*"La variabilidad no es solo ruido estadístico; tiene encriptada información que aclara el entendimiento de las interacciones entre organismos."*



## *Algodón silvestre versus insectos herbívoros*

En esta sección presentamos una síntesis de los descubrimientos derivados de estudios recientes que hemos realizado para entender los efectos de la variabilidad en la herbivoría sobre las respuestas defensivas del algodón silvestre, un arbusto mirmecofítico. Para lograrlo, aplicamos distintos tratamientos de herbivoría en los cuales manipulamos el patrón de daño en el follaje, comparando las respuestas de plantas con daño concentrado a pocas hojas a las de plantas con daño disperso en un mayor número de hojas, manteniendo constante la cantidad total de tejido perdido por planta (Fig. 2).



**Figura 2.** Ejemplos de cómo manipulamos la uniformidad de la herbivoría para mantener el daño constante. Ya sea colocando una oruga por hoja sobre varias hojas o colocando dos orugas sobre la mitad de las hojas.



Cuando pensamos en algodón, solemos imaginar campos agrícolas homogéneos repletos de fibras blancas. Sin embargo, el ancestro de estas variedades, el algodón silvestre, habita un mundo radicalmente distinto: los matorrales costeros del norte de la Península de Yucatán. Allí sobrevive en suelos arenosos y pobres en nutrientes, en condiciones de alta salinidad, en un clima extremo y con la presencia de insectos herbívoros cuya abundancia fluctúa de forma impredecible (Fig. 3). Bajo este contexto hostil, la historia evolutiva del algodón de esta región ha dado lugar a un arsenal defensivo sorprendente. Este conjunto de adaptaciones incluye la capacidad de sintetizar una gran variedad de compuestos químicos (metabolitos secundarios tóxicos, algunos de los cuales se volatilizan al entrar en contacto con el aire), muchos de los cuales almacena en glándulas especializadas.



**Figura 3. a)** Matorral costero donde típicamente se encuentra el algodón y **b)** una oruga alimentándose de hojas del algodón.

A su vez, la planta en el envés de la hoja (la parte de “abajo”) produce un recurso llamado néctar extrafloral (Fig. 4). Esta defensa indirecta es consumida por hormigas, “guardaespaldas” de seis patas que a cambio de dicha fuente de alimento defienden a la planta contra herbívoros (Cuadro 1).



*"La planta no solo cuenta las mordidas, sino que mapea la distribución del daño infringido por sus agresores y modula sus respuestas defensivas acordeamente"*



**Figura 4.** Nectarios extraflorales en hojas de algodón con gotas de néctar visibles.

Nuestros estudios han mostrado que las plantas de algodón ajustan la producción de estos distintos rasgos defensivos en función de diferentes factores, incluyendo la edad de la planta o su entorno ambiental, siendo un componente de dicho entorno los patrones y variabilidad de la herbivoría. Dichas respuestas defensivas traen consecuencias importantes para plantas vecinas e insectos asociados, entre los cuales están las hormigas. Esta capacidad de detectar y responder de manera específica según el grado de dispersión o uniformidad del daño por insectos herbívoros probablemente desempeña un papel crucial para la supervivencia y reproducción del algodón silvestre en el matorral costero.

### *Néctar y perfumes para la guerra*

El néctar extrafloral es un rasgo defensivo clave del algodón silvestre y cuenta con una historia interesante ligada a la variabilidad en la herbivoría. Hemos observado que plantas que reciben ataque distribuido en más hojas, producen una mayor cantidad de néctar por nectario, y



también exhiben un mayor número de nectarios activos (que secretan néctar). Esto convierte a estas plantas en un recurso o hábitat mucho más atractivo para las hormigas. Al haber más "recompensa" o alimento disponible, aumenta el número de hormigas que patrullan el follaje, lo cual finalmente se traduce en una mayor protección contra los herbívoros.

En última instancia, diferencias en la capacidad de reclutar "guardaespaldas" según el patrón de daño podría ser vital para el éxito y la salud de la planta en su entorno natural. Bajo este contexto, cabe mencionar que muchas especies de plantas forman alianzas altamente estrechas con las hormigas, las cuales son huéspedes que viven sobre la planta.

Por ejemplo, existen casos obligados como el de las acacias y una especie de hormiga del género *Pseudomyrmex*. Estas plantas no solo proveen alimento para las hormigas (néctar extrafloral), sino también alojamiento en cavidades llamadas domacios, creando así un vínculo tan fuerte que ninguno de los dos podría sobrevivir por separado. En el caso del algodón silvestre las hormigas son visitantes, muchas veces casuales, y no viven sobre la planta sino que hacen nidos en el suelo, lo cual resulta en un "convenio pasajero" donde los beneficios pueden fluctuar grandemente en función de la abundancia y especies de hormigas presentes en un sitio y momento dado.



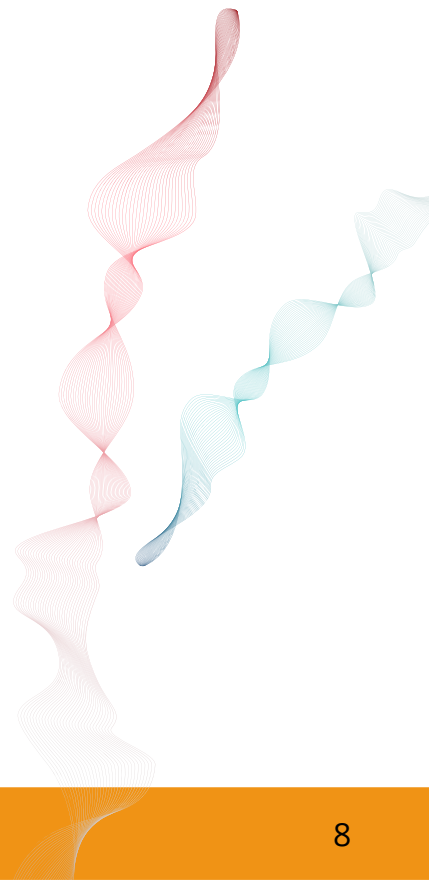


En algunos sitios la alianza se asemeja a las de las acacias y sus hormigas, mientras que en otros la relación es más débil y con repercusiones mínimas para la planta. Acordemente, dicha variabilidad en la fauna de hormigas tiene implicaciones para el entendimiento de los efectos de variabilidad en herbivoría sobre las interacciones entre las plantas de algodón silvestre y las hormigas que las visitan.



Aunado a lo anterior, el algodón silvestre emite perfumes al ambiente, llamados compuestos orgánicos volátiles. Seguramente has percibido y a veces dado por sentado estas sustancias: por ejemplo, el aroma característico del pasto recién cortado (moléculas conocidas como volátiles de hojas verdes) o la fragancia de plantas como la albahaca (eugenol), la menta (mentol), y el café (furfuriltiol).

El algodón emite una mezcla de más de 20 compuestos volátiles, y estos compuestos funcionan como una “antena de radio química” cuyo mensaje llega a múltiples organismos en su hábitat. Entre ellos destacan los depredadores, que usan estos metabolitos para ubicar a los herbívoros sobre el algodón, así como otras plantas vecinas de algodón que usan estos compuestos como alertas de la presencia de herbívoros y riesgo de ser atacadas. En este segundo caso, se ha demostrado que las plantas de algodón perciben estas señales emitidas por plantas vecinas atacadas y elevan sus defensas acordemente.



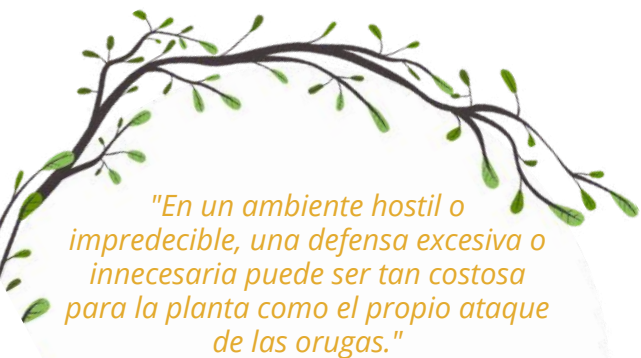


Aunado a esto, hemos descubierto que la variabilidad en la herbivoría modifica la “fórmula” de las fragancias emitidas por plantas atacadas. Las plantas producen una fragancia distinta en función del grado de uniformidad del ataque en su follaje. Es posible que esto refleje una optimización en la señalización por parte de plantas de algodón para con insectos aliados (como las hormigas y otros depredadores): fragancias que envía señales más confiables o precisas de la presencia de herbívoros en función del patrón de ataque y el grado de impacto que le significa a la planta.

### *La clave en la guerra es administrar los recursos*

Sobrevivir en los ambientes costeros del norte de la Península de Yucatán no es tarea fácil. Para el algodón silvestre, cada molécula de aroma liberada y cada gota de néctar extrafloral secretada representan un gasto de energía, particularmente en suelos pobres en nutrientes y salinos, altas temperaturas, así como lluvias escasas e impredecibles,

todas características presentes en los matorrales costeros donde crece naturalmente esta especie. Es bajo estas condiciones limitantes que se observan patrones de herbivoría altamente variables, con lo cual la planta enfrenta un constante dilema sobre cuánta energía asignar a defenderse contra herbívoros.



*"En un ambiente hostil o impredecible, una defensa excesiva o innecesaria puede ser tan costosa para la planta como el propio ataque de las orugas."*

Para el caso del néctar extrafloral, nuestros estudios sugieren que el daño concentrado tiene un mayor impacto negativo sobre la planta y, por ende, demandaría una mayor producción de néctar para atraer hormigas protectoras y mitigar impactos presentes (o futuros).



No obstante, la producción de néctar extrafloral también puede entenderse a la luz del comportamiento y la distribución de las hormigas; estas suelen presentarse en altas abundancias, tienen alta movilidad y forrajean activamente sobre toda la planta. En este sentido, los patrones dispersos (más uniformes) de herbivoría activan un mayor número de nectarios, lo que redundará en un mayor reclutamiento y permanencia de las hormigas sobre las plantas.



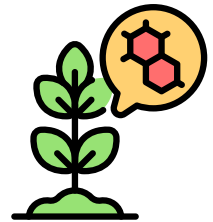
En suma, los ajustes y la especificidad de las respuestas defensivas permiten a las plantas de algodón optimizar su gasto energético y su efectividad defensiva (néctar extrafloral en este caso) en función de las características del ambiente y los patrones de herbivoría que experimentan, particularmente bajo condiciones estresantes. En otras palabras, el algodón administra sus batallas en función de las características de su entorno. En un mundo donde todos los recursos son valiosos, la capacidad de interpretar el patrón del ataque y responder de forma estratégica y efectiva marca la diferencia entre sobrevivir o desaparecer del paisaje costero.

### *La historia apenas empieza*

Aún quedan muchas preguntas por responder en esta fascinante historia. Será emocionante descubrir cómo cambian estas respuestas defensivas a lo largo del año y cómo son moduladas por factores como la disponibilidad de agua o la temperatura, o si la planta distingue entre diferentes tipos o especies de insectos herbívoros y los patrones de daño y respuestas defensivas resultantes. De igual forma, será importante desentrañar las señales moleculares de la planta (a nivel fisiológico o bioquímico) que permiten al algodón tomar estas decisiones estratégicas



y determinar si sacrifica unas defensas para priorizar otras, dependiendo de los patrones de ataque y las condiciones ambientales. Por último, será relevante evaluar otros tipos de defensas ignorados en buena medida hasta el momento, tales como los tricomas y otras clases de metabolitos.



### *Los guardaespaldas de seis patas*

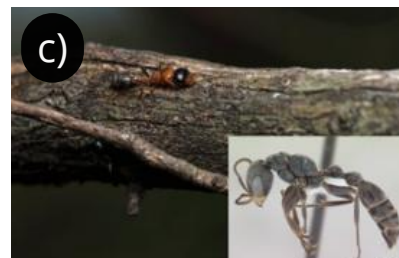
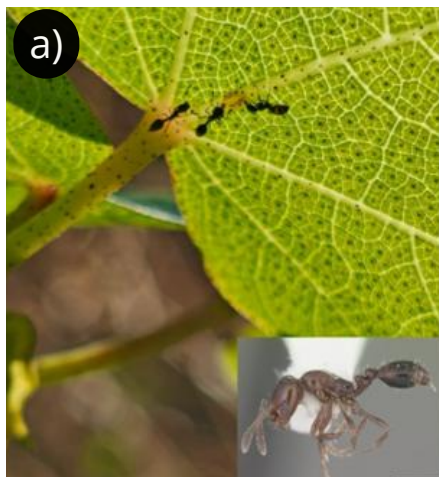
En el matorral costero, el algodón silvestre no está solo; cuenta con un ejército de guardaespaldas de tamaño pequeño y mediano, pero letales para sus enemigos. Estas hormigas son expertas en ahuyentar orugas y chapulines que intentan devorar la planta. Aquí algunos ejemplos:

**a) Las "hormigas de fuego" (*Solenopsis*)** son famosas por su agresividad. Si alguna vez te cruzas con un algodón silvestre, ten cuidado: estas hormigas no dudan en atacar. Su nombre no es casualidad; poseen una picadura intensa que te hará entender rápidamente por qué tienen ese apodo (Fig. 5a).

**b) Las patrulleras (*Monomorium*)** son pequeñas y negras, pero muy eficientes. Constantemente patrullan sobre la planta y, si detectan a un invasor grande, reclutan rápidamente a sus compañeras para lanzar un ataque coordinado (Fig. 5b).

**c) Las especialistas (*Pseudomyrmex*).** A diferencia de las anteriores, son hormigas grandes y solitarias. Sin embargo, no por eso son menos eficientes; una sola de ellas es capaz de decapitar a una oruga con un solo mordisco (Fig. 5c).

Además del equipo terrestre, ¡las plantas también pueden convocar a un escuadrón aéreo! Existen pequeñas avispas parasitoides, como las del género *Cotesia*, que patrullan el aire en busca de las orugas que consumen el tejido de las plantas.



**Figura 5.** Hormigas que podemos encontrar patrullando al algodón silvestre. **a)** Hormigas de fuego (*Solenopsis*). **b)** Hormigas del género *Monomorium* alrededor de un nectario extrafloral. **c)** Hormiga solitaria del género *Pseudomyrmex*.

## Para Consulta

- Martín-Cacheda L, Briones-May Y, Bustos-Segura C, *et al.* 2025. Effects of herbivory amount and within-plant variability by a specialist caterpillar on volatile emissions mediating inter-plant signalling in wild cotton. *Ecological Entomology* 50: 909-920. [\[Link\]](#)
- Ramírez-Delgado VH, Briones-May Y, Durán-Sánchez J, *et al.* 2026. From leaves to defenders: how the amount and dispersion of leaf damage affect extrafloral nectar production and ant-mediated protection in wild cotton. *Ecological Entomology* 51: 395-404. [\[Link\]](#)
- Ramírez-Delgado VH, Briones-May Y, Durán-Sánchez J, *et al.* 2025. Effects of variability in the amount and dispersion of within-plant herbivory on resistance- and tolerance-related responses in wild cotton. *BioRxiv*. [\[Link\]](#)
- Wetzel WC, Inouye BD, Hahn PG, *et al.* 2023. Variability in plant-herbivore interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 54: 451-474. [\[Link\]](#)
- Abdala-Roberts L, Quijano-Medina T, Moreira X, *et al.* 2019 Bottom-up control of geographic variation in insect herbivory on wild cotton (*Gossypium hirsutum*) by plant defenses and climate. *American Journal of Botany* 106:1059-1067. [\[Link\]](#)
- Coppens d'Eeckenbrugge G, Lacape JM. 2014. Distribution and differentiation of wild, feral, and cultivated populations of perennial upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Mesoamerica and the Caribbean. *PLOS ONE* 9:1-19. [\[Link\]](#)
- Heil M. 2015 Extrafloral nectar at the plant-insect interface: a spotlight on chemical ecology, phenotypic plasticity, and food webs. *Annual Review of Entomology* 7(60): 213-32. [\[Link\]](#)
- Turlings TCJ, Tumlinson JH, Lewis WJ. 1990. Exploitation of Herbivore-Induced Plant Odors by Host-Seeking Parasitic Wasps. *Science* 250, 1251-1253. [\[Link\]](#)



## Conceptos

**Metabolitos:** Son los productos del funcionamiento de un organismo. Son moléculas pequeñas que se producen durante el metabolismo, el proceso de convertir el alimento en energía. Pueden ser desde azúcares que almacenan energía hasta compuestos complejos que actúan como protección frente a organismos dañinos.

**Tricoma:** Son pequeños vellos en las plantas que funcionan como escudo contra el sol, la falta de agua y los insectos herbívoros.

**Mirmecofítico:** Se refiere a las plantas que han desarrollado una relación de "sociedad" mutua con las hormigas. Un arbusto mirmecofítico funciona como un edificio de departamentos de lujo que ofrece alojamiento y alimento gratuito a un equipo de guardias de seguridad (las hormigas), a cambio de que protejan el inmueble contra cualquier intruso.

**Defensas en las plantas:** Estrategias que usa la planta para combatir a los herbívoros y otras amenazas como patógenos o factores abióticos como el exceso de calor o la sequía. Pueden ser directas, herramientas propias de la planta para defenderse por sí misma, ya sean físicas, como espinas y pelos, o químicas, como metabolitos tóxicos o con sabores desagradables que repelen a quien intenta comerlas; o indirectas, estrategias para atraer o facilitar el trabajo a los depredadores de herbívoros.

**Compuestos orgánicos volátiles:** Son moléculas producidas por las plantas que las liberan al aire. Cuando una planta es atacada, produce estos aromas que pueden informar a depredadores sobre la presencia de herbívoros o bien repelerlos directamente.

**Hábitat:** Es el lugar donde un ser vivo encuentra las condiciones para subsistir y los otros organismos con los que interactúa en ese espacio.

**Parasitoides:** Son insectos (principalmente avispas pequeñas) cuyas larvas se alimentan y se desarrollan dentro o sobre otro insecto hasta matarlo. Son "aliados" de las plantas, ya que eliminan a las orugas que las devoran.

**Néctar extrafloral:** Es un recurso alimenticio compuesto de agua, azúcares y otros nutrientes que la planta produce en sus hojas, brácteas o tallos, fuera de la flor. Su función no es la polinización, sino alimentar a hormigas y otros insectos que actúan como defensores de la planta.



## Agradecimientos

Investigación realizada gracias al programa UNAM PAPIIT (IA200926) mediante un proyecto otorgado a Luis Abdala-Roberts. Víctor Hugo Ramírez-Delgado agradece a SECIHTI por una beca posdoctoral que permitió la realización de este trabajo. Agradecemos a Santiago Arizaga Pérez, María del Carmen Galindo de Santiago y Jesús Aragón González por su apoyo en las actividades de laboratorio y de campo.

Crédito de imágenes en orden de aparición: Pexels, Getty Images Signature, Life On White, pixabay, Getty Images Pro, Getty Images, Vectortradition, Alemedia.id, Xenia Caraulan, Vinícius Rodrigues de Souza, Billion Photos, annazdsgr, Kamchatka, Deborah Soglia, batdareeyah sa-aa's Images. Crédito de figuras: Fig. 1, 3, 4 y 5b proporcionadas por los autores. Fig. 2 fue hecha por los autores usando BioRender [Link]. Fig. 5a y c son fotografías de dominio público por Alejandro Santillana, parte del proyecto "Insects Unlocked" de la Universidad de Texas en Austin [Link]. Las fotos de vista lateral de las hormigas de los 3 paneles de la Fig. 5 fueron obtenidas de [Link], licencia CC BY-SA 4.0. Los autores declaran que se utilizó el LLM Gemini [Link] para simplificar conceptos complejos y mejorar la fluidez del texto. No se utilizaron herramientas LLM para generar las ideas del contenido de este texto y ningún párrafo ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con esta herramienta.

**Dra. Verónica Reyes-Galindo**

Editora Invitada.

Primer Congreso Mexicano de Evolución

*Diseño de publicación: Sofia Paz*



### Víctor Hugo Ramírez Delgado

Departamento de Ecología Tropical, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Actualmente investigo las interacciones entre plantas, herbívoros y hormigas en el matorral costero de Yucatán.

contacto: [victoramirezdg@gmail.com](mailto:victoramirezdg@gmail.com)



### Xavier Chiappa Carrara

Laboratorio de Biología de la Conservación, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. Mi trabajo de investigación se centra en temas de ecología y conservación de ambientes marinos y costeros, enfatizando las respuestas de las especies y los ecosistemas ante la variabilidad ambiental y el cambio climático.

contacto: [chiappa@unam.mx](mailto:chiappa@unam.mx)



### Luis Abdala Roberts

Departamento de Sistemas y Procesos Naturales, Escuela Nacional de Estudios Superiores-Unidad Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México. Estudia las interacciones ecológicas y evolutivas entre plantas, insectos herbívoros, y sus depredadores en ecosistemas terrestres. Bajo este contexto, buena parte de mi investigación se ha centrado en evaluar las respuestas defensivas de las plantas a sus atacantes y cómo dichas respuestas impactan a las cadenas alimenticias.

contacto: [luis.abdala@enesmerida.unam.mx](mailto:luis.abdala@enesmerida.unam.mx)