

Plantas vs. insectos

Uso del arsenal natural defensivo de las plantas cultivadas contra insectos plaga

En las zonas de cultivo agrícolas acontece una batalla entre dos grupos, las plantas de interés económico y los insectos hambrientos que gustan de las fibras y savias de las plantas. Sin embargo, las plantas cuentan con estrategias defensivas para su supervivencia a factores externos y al daño causado por los insectos. Diversos estudios han explorado las características defensivas físicas, fisiológicas y químicas, y su relación con el daño ocasionado por los insectos. En este trabajo se pretende dar a conocer estudios en los que se ha demostrado el uso del arsenal natural de las plantas contra plagas agrícolas.

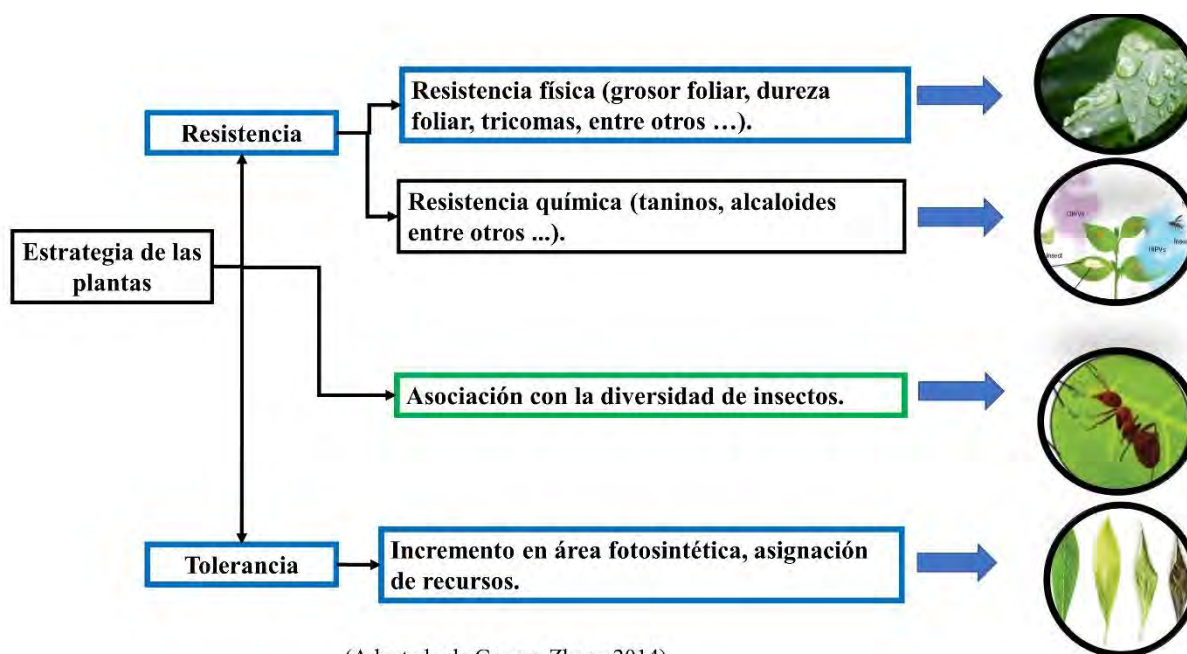
Palabras clave:
agricultura, defensa,
defoliación, fitófagos,
insectos.

ROBERTO RAFAEL RUIZ-SANTIAGO^{1,2}, HORACIO SALOMÓN
BALLINA-GÓMEZ¹ Y ESAÚ RUIZ SÁNCHEZ¹

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico
Nacional de México/Campus Conkal, Conkal, Yucatán, México.
²roberto.ruiz@itconkal.edu.mx

Las plantas vs. insectos; enemigos naturales: En las zonas de cultivo agrícola acontece un fenómeno particular, se lleva a cabo una batalla entre dos grupos: las plantas con un interés económico para los humanos y, por otra parte, los insectos hambrientos que gustan de las distintas fibras y savias de las plantas. Esto es de gran importancia, ya que estos insectos se alimentan de las plantas que en última instancia son utilizadas para las necesidades humanas (alimento, medicinas, maderas, fibras, entre otras). A pesar de que se han implementado diferentes estrategias en la industria agroecológica para ayudar a las plantas en su batalla (como, por ejemplo, el uso de insecticidas químicos (diamidas, benzoilureas, spinosad, lactonas macrocíclicas y piretroides y el uso de variedades agrícolas mejoradas en un interés por aumentar la productividad), estas estrategias han resultado irónicamente, en un daño aún mayor para los humanos. Las sustancias químicas que se usan para controlar los insectos, causan daños a la salud de los humanos, ya que pueden almacenarse en diversas zonas del cuerpo y causar efectos nocivos a mediano y largo plazo. Asimismo, los químicos pueden impactar negativamente al ambiente por varios años, mientras que, por el lado económico, los productos tienen costos elevados. A pesar de que las plantas tienen naturalmente la capacidad de defenderse en buena medida por sí solas ante la mayoría de escenarios adversos que se les presenten, en este caso hacemos énfasis en los mecanismos de defensa contra insectos herbívoros en plantas cultivadas (Figura 1).

De la capacidad defensiva de las plantas: La asociación entre las plantas y los insectos, se ha dado desde la aparición de las plantas como individuos colonizadores de la mayoría de los hábitats en el mundo. Esta relación prolongada e íntima, ha dado lugar al desa-



(Adaptado de Gong y Zhang 2014)

Figura 1. Estrategias de la defensa de las plantas contra herbívoros (Adaptado de Gong y Zhang 2014).

rollo de diversas estrategias de las plantas para lidiar con el ambiente y con sus enemigos naturales; esto se conoce como estrategia de defensa vegetal, la cual se separa en dos componentes: la resistencia (características físicas y químicas) y la tolerancia (incremento en área fotosintética, asignación de recursos, entre otras). La resistencia ocurre cuando determinadas características de las plantas impiden la alimentación de los herbívoros. La tolerancia se presenta cuando determinados rasgos de las plantas reducen los efectos negativos del daño de los herbívoros en el rendimiento del cultivo (Mitchell *et al.* 2016) (Figura 2). El manejo de plagas, así como la reducción del uso de pesticidas y agroquímicos, son de los paradigmas de mayor importancia para la producción agrícola. Para afrontar esto, una estrategia que se ha venido desarrollando es la exploración y búsqueda de poblaciones de plantas con la capacidad de defensa natural, en poblaciones nativas o comúnmente llamadas criollas, las cuales han pasado por un proceso de adaptación a las condiciones del ambiente y desarrollado características funcionales con mayor capacidad defensiva y menor susceptibilidad al daño por plagas (Stinchcombe 2002) o a pesar de tener un alto grado de daño, puedan mantener un óptimo rendimiento en la producción del cultivo

(Ruiz-Santiago *et al.* 2021).

Casos de estudios favorables: En la península de Yucatán, se han realizado estudios sobre la búsqueda de este arsenal defensivo de las plantas (características físicas, fisiológicas y químicas), así como su impacto a diferentes insectos consumidores del follaje de las plantas. A continuación, mencionaremos algunos casos, plantas *vs.* insectos. En 2020 dos Santos y colaboradores, evaluaron el daño ocasionado por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (lepidóptero conocido como el gusano cogollero del maíz) y su relación con características morfológicas en poblaciones criollas y mejoradas de maíz (*Zea mays* L., Poaceae). Los investigadores encontraron que las poblaciones criollas muestran menores daños que las poblaciones mejoradas, esto atribuido a la dureza de las hojas. En otro caso, Ruiz-Santiago y colaboradores en 2023, evaluaron las características morfológicas y su relación con el daño ocasionado por insectos fitófagos en especies de plantas forrajeras (plantas destinadas a la alimentación animal), *Morus alba* L. (Moraceae), *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) y *Tithonia diversifolia* Helms. (Asteraceae). En este estudio se encontró que las plantas forrajeras, despliegan diferentes estrategias para lidiar con la defoliación que causan los insectos, entre

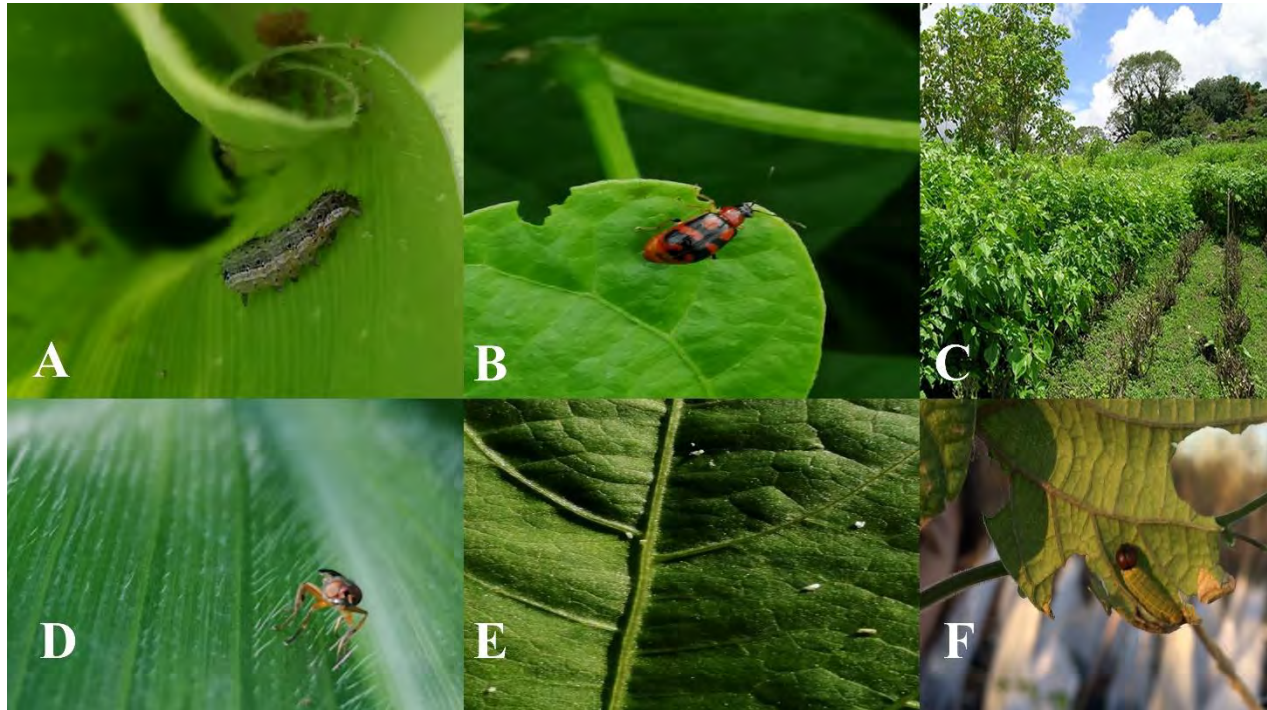


Figura 2. Casos de estudio donde se ha evaluado la relación de las plantas con el daño ocasionado por insectos: **A)** Larva del gusano cogollero posada sobre una hoja de maíz (*Zea mays* L.), **B)** Insecto coleóptero alimentándose de hojas de frijol (*Phaseolus lunatus* L.), **C)** Parcelas demostrativas de plantas forrajeras destinadas a la alimentación animal *Morus alba* L., *Moringa oleífera* Lam. y *Tithonia diversifolia* Helms., **D)** Hoja de maíz donde se observan vellosidades en la hoja (tricomas), las cuales actúan como característica de defensa contra insectos, **E)** Hoja sana de planta de frijol, se observa lamina foliar y pequeños insectos, **F)** Larva de insecto de tipo masticador alimentándose de hojas de frijol (Fotografías: R. R. Ruiz-Santiago).

ellas la plasticidad fenotípica (capacidad mediante la cual los individuos logran ajustar algunas características morfológicas, en respuesta a cambios en el ambiente), la dureza y el área foliar específica, fueron las características más sobresalientes que mostraron tener un efecto en la disminución al daño causado por insectos herbívoros. Por otra parte, en un estudio realizado en *Phaseolus lunatus* L. (Fabaceae), “frijol lima”, se evaluaron los rasgos que determinan la resistencia en contra del daño ocasionado por insectos masticadores de hojas en 27 poblaciones criollas, indicando que los rasgos asociados a la formación de hojas estuvieron relacionados a la actividad de los insectos, además de que ayudaron a mantener el rendimiento de grano de frijol (Ruiz-Santiago *et al.* 2021). El estudio sugiere que el desempeño de las características morfológicas (número de hojas, área foliar, densidad de tricomas, grosor y dureza de hojas) y fisiológicas (tasa fotosin-

tética, conductancia estomática, eficiencia en el uso del agua y transpiración) son factores importantes para obtener altos rendimientos a pesar del daño que ocasionan los insectos en *P. lunatus* (Ruiz-Santiago *et al.* 2021). Finalmente, la literatura indica una alta variedad de compuestos químicos que tienen propiedades defensivas en las plantas, por ejemplo, α -solanina, un alcaloide esteroide saponina de las solanáceas como el tomate *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) y la patata *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae) (Paudel *et al.* 2017), gossypol, un aldehído sesquiterpénico del algodón *Gossypium* sp. L. (Malvaceae) (Tian *et al.* 2016), nicotina, un alcaloide del tabaco *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) y (E)- β -cariofileno, un sesquiterpeno volátil presente en el maíz (*Zea mays*; Köllner *et al.* 2008). Lo anterior es muestra de las diferentes estrategias defensivas de las plantas, donde la efectividad de la defensa vegetal dependerá en gran medida del estado nutricional de

las plantas, a las condiciones del medio ambiente y a la presión ejercida por parte de los insectos.

Conclusiones y recomendaciones: A pesar de que la capacidad defensiva de las plantas ha mostrado resultados positivos, esta estrategia no es la panacea, debido a que la efectividad de la defensa vegetal dependerá de las condiciones ambientales, el nivel de infestación de las plagas y al estado nutricional de las plantas. En escenarios de altas infestaciones de insectos, las plantas se pueden ver rebasadas en su capacidad defensiva, lo cual representaría afectaciones importantes para los agricultores. En estos casos, se podría recurrir a otras estrategias como a la aplicación de insecticidas biológicos basados en plantas, agentes de control biológico como insectos benéficos (depredadores y parasitoides) y microorganismos benéficos (hongos y bacterias), los cuales han mostrado no tener efectos negativos en el ambiente, ni en la salud humana. Aunado a esto, es fundamental el desarrollo y uso de herramientas estadísticas robustas que comprueben las hipótesis de los investigadores, la relación de variables de las plantas y los insectos, así como su función y el cambio dentro de un ecosistema (Dunne *et al.* 2002). Es por lo anterior que se recomienda realizar estudios que contribuyan al entendimiento de las interrelaciones entre la capacidad defensiva de las plantas y los insectos, ante diferentes condiciones de los sistemas de producción agroecológica en Yucatán.

Referencias

- dos Santos L.F.C., Ruiz-Sánchez E., Andueza-Noh R.H., Garruña-Hernández R., Latournerie-Moreno L., Mijangos-Cortés J.O. 2020. Leaf damage by *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and its relation to leaf morphological traits in maize landraces and commercial cultivars. *Journal of Plant Diseases and Protection* 127: 103-109.
<https://doi.org/10.1007/s41348-019-00276-y>
- Dunne J.A., Williams R.J., Martinez N.D. 2002. Food-web structure and network theory: the role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of Science* 99: 12917-12922.
<https://doi.org/10.1073/pnas.192407699>
- Gong B., Zhang G. 2014. Interactions between plants and herbivores: A review of plant defense. *Acta Ecologica Sinica* 34: 325-336.
<https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.07.010>
- Köllner T.G., Held M., Lenk C., Hiltbold I., Turlings T.C., Gershenzon J., Degenhardt J. 2008. A maize (E)- β -caryophyllene synthase implicated in indirect defense responses against herbivores is not expressed in most American maize varieties. *Plant Cell* 20: 482-494.
<https://doi.org/10.1105/tpc.107.051672>
- Mitchell C., Brennan R.M., Graham J., Karley A.J. 2016. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science* 7: 1132.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01132>
- Paudel J.R., Davidson C., Song J., Maxim I., Aharoni A., Tai H.H. 2017. Pathogen and pest responses are altered due to RNAi-mediated knockdown of GLYCOALKALOID METABOLISM 4 in *Solanum tuberosum*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 30: 876-885.
<https://doi.org/10.1094/MPMI-02-17-0033-R>
- Ruiz-Santiago R.R., Ballina-Gómez H.S., Ruiz-Sánchez E. 2023. Características morfológicas foliares y su relación con la defoliación en tres especies de plantas forrajeras. *Acta Biológica Colombiana* 28: 1.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/88402>
- Ruiz-Santiago R.R., Ballina-Gómez H.S., Ruiz-Sánchez E., Martínez-Castillo J., Garruña-Hernández R., Andueza-Noh R.H. 2021. Determining relevant traits for selecting landrace accessions of *Phaseolus lunatus* L. for insect resistance. *PeerJ* 9: e12088.
<https://doi.org/10.7717/peerj.12088>
- Stinchcombe J.R. 2002. Can tolerance traits impose selection on herbivores? *Evolutionary Ecology* 16: 595-602.
<https://doi.org/10.1023/A:1021617418037>
- Tian X., Ruan J., Huang J., Fang X., Mao Y., Wang L., Chen X., Yang C. 2016. Gossypol: phytoalexin of cotton. *Science China Life Sciences* 59: 122-129.
<https://doi.org/10.1007/s11427016-5003-z>

Desde el Herbario CICY, 15: 165-169 (24-agosto-2023), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Ivón M. Ramírez Morillo, Diego Angulo y Néstor E. Raigoza Flores. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 24 de agosto de 2023. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.