

# EL CONTROL BIOLÓGICO

## UNA HERRAMIENTA EN EL MANEJO DE PLAGAS AGRÍCOLAS

Víctor Manuel Almaraz-Valle<sup>1</sup> y Daniel Ramírez Cerón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, 56264 Texcoco, Estado de México, México.

Daniel Ramírez Cerón:

<https://orcid.org/0000-0001-9754-1126>

Víctor Manuel Almaraz Valle:

<https://orcid.org/0000-0002-3673-8002>

Desde la aparición de la agricultura el ser humano se ha enfrentado a uno de sus mayores desafíos “la lucha constante contra organismos plaga”. Estas han causado pérdidas devastadoras en los cultivos, y durante siglos, los métodos de control se han basado en prácticas rudimentarias, aplicación de azufres e insecticidas minerales (Doutt y Smith, 1971). Con la aparición de los insecticidas organosintéticos, el control de plagas se volvió más eficiente, no obstante, si no se manejan con cuidado estos productos pueden tener una repercusión negativa al ser humano, al medio ambiente, pero sobre todo a la fauna benéfica. Como alternativas dentro de un Manejo Integrado de Plagas (MIP) el combate biológico es una táctica importante a tomar en cuenta.

En las últimas décadas, el control biológico se ha consolidado como una herramienta fundamental en la agricultura protegida, destacando su efectividad y compatibilidad con la preservación del medio ambiente, disminuyendo considerablemente el uso de plaguicidas. Aunque el término control biológico es muy antiguo pocos conocen el concepto y su aplicación, actualmente existe una confusión sobre el control natural y el control biológico, muchas personas creen que los insectos que están pre-

sentes en el sistema agrícola sin ninguna intervención humana y que están regulando los insectos plaga es control biológico, pero no es así. El control natural estrictamente hablando, es la suma de factores bióticos y abióticos, que mantienen las plagas en un punto general de equilibrio sin realizar una acción, excluyendo al hombre. Las plagas cuentan con enemigos de mayor o menor importancia, que aportan un porcentaje de supresión y que las mantienen reguladas. No obstante, la agricultura rompe las relaciones naturales y desequilibra el ambiente, por lo que las plagas se salen de control (Rodríguez-del-Bosque, 2007).

Un ejemplo de control natural sucedió en 2013 cuando llega a México el pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) una plaga exótica, originaria de África, este insecto se dispersó en todo el país, causando pérdidas que variaron entre el 30 y 100% en cultivos de sorgo. Aunque se pensó en un principio que el control biológico clásico podría ser una opción, el control natural fue el mejor aliado, ya que la acción de insectos parasitoides, depredadores y entomopatógenos mantuvieron las poblaciones por debajo del umbral económico en cultivos de sorgo. (Peña-Martínez *et al.*, 2023).



Figura 1. Coccinélidos alimentándose de pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari*

Se ha dado énfasis a las catarinas, crisopas y sírfidos como agentes que causan la mayor mortalidad de las poblaciones de pulgón. Actualmente esta plaga se mantiene bajo vigilancia, pero ya no es un problema grave, de acuerdo a diversos estudios se han documentado más de 47 enemigos naturales regulando las poblaciones de esta plaga de manera natural (Figura 1).

Otro ejemplo característico del control natural se presenta en cultivos de brócoli, existen enemigos naturales asociados a diferentes plagas, una de las plagas importantes de este cultivo es el pulgón verde *Myzus persicae* el cual en altas poblaciones puede causar daños importantes, este pulgón al alimentarse de la savia de la planta secreta mielecilla la cual al acumularse puede atraer hongos oportunistas como la "fumagina". Sin embargo, existen parasitoides y depredadores que mantienen estas poblaciones en un punto general de equilibrio, uno de los parasitoides más importantes es *Aphidius* sp. (Webb, Niño, y Smith, 2019). El cual a pesar de diversas aplicaciones químicas que se realizan al cultivo, este se mantiene activo teniendo una alta capacidad de búsqueda y parasitismo (Figura 2 y 3).



Figura 2. Adulto de *Aphidius* sp. parasitando pulgón verde del brócoli.



Figura 3. Momias de pulgón parasitadas por *Aphidius* sp.

Estos ejemplos nos ayudan a entender que a veces no es necesario hacer control biológico porque el control natural mantiene las poblaciones de insectos en un punto general de equilibrio, como consecuencia de la acción combinada de factores (bióticos y abióticos) del medio ambiente. Los factores de mortalidad bióticos son reguladores naturales (parasitoides y depredadores) que actúan de forma denso-dependiente esta es una de las bases del control biológico. En cambio, los factores abióticos son aquellos no vivos o físicos (luz temperatura, humedad etc.) los cuales tienen la forma de densidad-independiente que influyen directa o indirectamente en la vitalidad, actividad o reproducción de un organismo (Summy y French, 1988).

Para mantener este equilibrio es necesario tratar de disminuir las aplicaciones de plaguicidas, tomando en cuenta productos que no sean tan agresivos con los enemigos naturales y que, además, estén autorizados por autoridades fitosanitarias, tratando de causar el menor impacto posible. Los plaguicidas químicos, tienen un papel importante en el manejo de plagas, pero su aplicación constante ha generado problemas, por ejemplo: el desarrollo de resistencia, resurgimiento de plagas secundarias, contaminación al ambiente, riesgos a la salud humana, costos de producción y disminución de la fauna benéfica (Simranjeet *et al.*, 2020).

Los plaguicidas son una herramienta que se utiliza frecuentemente para mejorar la productividad y la seguridad agroalimentaria, son una parte integral de la agricultura moderna, sin embargo, son un arma de doble filo si son mal utilizados. Desde la publicación en 1962 del libro "La Primavera Silenciosa" de Rachel Carson se descubrieron diversos efectos que causan los plaguicidas a muchos organismos incluyendo a los mamíferos, uno de los plaguicidas que fue prohibido en muchos países fue el DDT. A partir de este evento algunos países como la Unión Europea han implementado medidas estrictas para controlar el uso de plaguicidas debido a las prácticas agrícolas intensivas, en Brasil existe preocupación por el uso excesivo de estos productos que genera una alta contaminación ambiental y riesgos a la salud (Zhou, Li, y Achal, 2024). Frente a esta problemática el control biológico es una táctica importante a tomar en cuenta ya que ofrece diferentes ventajas más amigables con el medio ambiente.

## Casos Exitosos de Control Biológico: Ejemplos Inspiradores

Uno de los ejemplos históricos y relevantes es el caso del control de la cochinilla acanalada de los cítricos (*Icerya*

*purchasi*) en California a finales del siglo XIX. Esta plaga amenazaba con destruir la industria citrícola de la región por la alta infestación de este insecto. La introducción de la catarina “vedalia” *Rodolia cardinalis* desde Australia fue un hito en la historia del control biológico. Este coccinélido depredador logró reducir las poblaciones de la cochinilla acanalada de manera tan efectiva que salvó a la industria citrícola, convirtiéndose en uno de los ejemplos más emblemáticos del éxito del control biológico clásico exitoso, marcando un momento histórico del control biológico de plagas (Caltagirone, 1981)..

El control biológico ha demostrado ser eficaz en diferentes casos alrededor del mundo. Uno de los ejemplos importantes en México fue el control de la mosca prieta de los cítricos *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera: Aleyrodidae) la cual en altas infestaciones causa clorosis, defoliación y marchitamiento, además, la excreción de las sustancias azucaradas promueve el desarrollo de “fumagina” la cual reduce la fotosíntesis e impide la respiración de la planta. Para su combate se introdujeron a cuatro parasitoides de la India y Pakistán (*Amitus hesperidium*, *Encarsi clypealis*, *Encarsia perplexa* y *Encarsia smithi*) de los cuales *E. perplexa*=*opulenta* (Hymenoptera. Aphelinidae) y *Amitus hesperidium* (Hymenoptera: Platygasteridae) fueron los parasitoides que funcionaron mejor ya que se adaptaron a las condiciones de las huertas cítricas de México. El resultado fue: Liberación, Establecimiento e Impacto L+/E+/I+. positivos (Arredondo-Bernal *et al.*, 2020).

Otro caso notable es el control de la cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus hirsutus* este insecto tiene un amplio rango de hospederos, causando deformaciones en hojas, ramas y frutos, además, de secretar mielecilla en las hojas lo que favorece el crecimiento de hongos oportunistas como la “fumagina”. Esta cochinilla amenazaba cultivos ornamentales (Obelisco, Yaca, Parota, Teca entre otros) además, se esperaban pérdidas millonarias en cultivos de Guanábana, Guayaba, Jamaica, Lima, Limón, Mango etc. Su primera detección fue en Mexicali, Baja California México en diciembre, 1999, la segunda detección fue Bahía de Banderas, Nayarit en enero de 2004. A partir de ahí se implementaron acciones de manejo, se capacitaron a técnicos y productores, también, se realizó divulgación a técnicos, productores y público en general y de acuerdo con experiencias previas en otros países se realizó control biológico clásico se introdujo el depredador *Cryptolaemus montrouzieri* (Coccinellidae) de laboratorios comerciales de Columbia, Canadá y California, USA. y un parasitoide *Anagyrus kamali*= *callidus* y *Gyranusoidea indica* (Hymenoptera: Encyrtidae) de Puerto Rico y Belice. Siendo un caso más de control biológico clásico exitoso en México (SENASICA, 2009).

## Los Tipos de Control Biológico: Entre lo Clásico y lo Moderno

El término control biológico hace muchos años se ha venido estudiando, no obstante, existen muchas definiciones que se han venido modificando. Una de las definiciones más aceptadas es **“el uso de (parasitoides, depredadores y entomopatógenos) los cuales reducen los daños producidos por insectos plaga minimizando los efectos por de bajo de lo que ocurriría en su ausencia, manteniendo un punto de equilibrio, no afectando económicamente al productor”** (Garza-Sánchez *et al.*, 2023).

El control biológico es una táctica que se divide en tres métodos principales: Control biológico por aumento, por conservación y clásico o por introducción. Estos se fundamentan en tres principios básicos esenciales: Autorregulable, autosostenible y denso-dependiente. El desconocimiento de esta táctica muchas veces se confunde con la ineficiencia del método, no obstante, una vez establecidos los insectos mediante el control biológico por conservación, estos permanecerán sin necesidad de hacer diversas liberaciones.

El control biológico clásico se refiere a la introducción de enemigos naturales desde la región de origen de la plaga en una nueva área geográfica. Este enfoque se basa en la idea de que, si una plaga exótica se ha establecido en un nuevo territorio sin sus depredadores o parasitoides naturales, la introducción controlada de los enemigos naturales puede restaurar el equilibrio ecológico y mantener las poblaciones de plagas a niveles bajos, tal como sucedería en la naturaleza (Caltagirone, 1981).

Por otro lado, el control biológico por aumento implica la liberación periódica de agentes de control biológico para disminuir temporalmente las poblaciones de los insectos plaga. Este método es común en invernaderos, donde puedes tener condiciones controladas y tener una mayor eficiencia del material biológico liberado. Por ejemplo, cuando tienes problemas de pulgones en cultivos de pimiento o en plantas ornamentales cultivadas bajo este sistema, puedes liberar crisopas cada cierto periodo de tiempo permitiendo un control preciso y específico sin afectar a otros organismos no objetivo (Grønvold *et al.*, 1996).

Finalmente, el control biológico por conservación es una táctica que se enfoca en preservar y fomentar las poblaciones de enemigos naturales que ya existen en el ambiente. A me-

nudo, esto implica ajustar las prácticas agrícolas para crear condiciones favorables para estos organismos, como reducir el uso de agroquímicos que podrían matarlos, o plantar cultivos con flores para mantener refugios para los depredadores y parasitoides. Esta táctica puede ofrecer un control a largo plazo, ya que los enemigos naturales se mantienen activos y saludables dentro del ecosistema agrícola sin necesidad de hacer liberaciones de nuevos agentes de control biológico (Landis *et al.*, 2000).

## Depredadores, Parasitoides y Entomopatógenos: Los Protagonistas en el Control Biológico

Cada tipo de enemigo natural tiene características y mecanismos únicos que los hacen adecuados para diferentes situaciones de control de plagas. Los depredadores, por

ejemplo, son organismos que cazan y consumen activamente a sus presas, a menudo de manera voraz. Las catarinas o mariquitas como son conocidas son famosas por su apetito por los pulgones, pueden consumir cientos de estos insectos a lo largo de su vida, esto ayuda a proteger cultivos como los cítricos, algodón y algunas hortalizas (Rhodes, 1993).

Por otro lado, los parasitoides tienen un enfoque más especializado. Estos insectos depositan sus huevos dentro o sobre sus huéspedes, que generalmente son plagas como larvas (gusanos), huevos de insectos incluso adultos. A medida que las larvas del parasitoide se desarrollan, se alimentan del huésped, matándolo en el proceso. Las avispas parasitoides como *Chelonus insularis* (Figura 4) son especialmente efectivas en el control de huevos de plagas de lepidópteros como gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, ya que atacan los huevos de estos insectos y aunque las larvas se desarrollan emergen avispas y no las palomillas (Lenteren *et al.*, 2018).



Figura 4. Hembra adulta de *Chelonus insularis* parasitando huevos de gusano cogollero.

Los patógenos, por otra parte, son microorganismos como bacterias, hongos y virus que infectan a los insectos plaga y causan enfermedades que eventualmente los matan. El hongo *Beauveria bassiana* es uno de los patógenos más utilizados en todo el mundo. Este hongo infecta a los insectos plaga al adherirse a su cutícula y penetrar en su cuerpo, esto provoca una infección letal que los debilita y termina por matarlos (Figura 5). Puede encontrarse de manera natural si las condiciones ambientales lo permiten, cuando las temperaturas son altas y existe una alta humedad relativa podemos encontrar insectos micosados de manera natural (Figura 6). Este método es altamente efectivo contra una amplia variedad de insectos plaga, como los pulgones, larvas de lepidópteros y escarabajos, y es seguro para otros organismos como los mamíferos (Lacey *et al.*, 2001).



Figura 5. Larva de gusano cogollero micosada de manera natural por *Beauveria* spp.



Figura 6. Larva de gusano cogollero micosada de manera natural por *Metarhizium* spp.

Los virus entomopatógenos son uno de los grupos principales de microorganismos patógenos, estos infectan a los insectos una vez que estos ingieren el alimento contaminado ya que como sabemos los virus son patógenos obligados y no actúan por contacto como lo hacen otros microorganismos entomopatógenos, uno de los virus más usados en la industria moderna son los que pertenecen a la familia Baculoviridae, estos son uno de los más diversos y son aislados casi exclusivamente de Hymenopteros, Coleopteros y

Lepidopteros. No obstante, la diversidad de virus es amplia y cada familia posee características particulares específicas de cada plaga lo que hace que sean más efectivos (Del Rincón-Castro *et al.*, 2020)

Los nemátodos entomopatógenos son organismos que han tenido un auge importante en la industria del control biológico, las familias más estudiadas son Steinernematidae y Heterorhabditidae, estos organismos se desarrollan a expensas de su huésped hasta causarles la muerte. Tienen una asociación mutualista compleja nematodo-bacteria, estos organismos presentan atributos tanto parásito como patógeno de insectos, tienen la capacidad de buscar a su huésped y como patógenos llevan la bacteria en su intestino y la liberan dentro del huésped lo que los hace más virulentos y una de las ventajas que tienen estos organismos es que son seguros para vertebrados. Lo que los hace unos excelentes agentes de control biológico para el manejo de plagas (Alatorre-Rosas, 2020).

## Ventajas del Control Biológico: Un Enfoque Natural

Las ventajas del control biológico son significativas. En primer lugar, es una táctica que no genera residuos tóxicos. Además, el control biológico es menos propenso a generar resistencia en las plagas. Los enemigos naturales están en constante evolución junto con sus presas, lo que dificulta que las plagas desarrollen resistencia a sus ataques (Wright, 2014).

Otra ventaja importante es la preservación de la biodiversidad. Algunos agentes de control biológico son altamente específicos, por lo que suelen atacar a las plagas objetivo. A pesar de ello, se requiere de investigación y evaluación para la liberación en nuevos ambientes (Mantzoukas & Eliopoulos, 2020).

## Desafíos del Control Biológico: Limitaciones y Consideraciones

A pesar de los beneficios, el control biológico no está exento de desafíos. Uno de los principales inconvenientes es que su impacto inicial puede ser lento. A diferencia de los plaguicidas, que actúan rápidamente para eliminar las plagas, los enemigos naturales pueden tardar un tiempo en

establecerse en un nuevo entorno y en reducir las poblaciones de plagas de manera efectiva. Este es un desafío particular en situaciones donde se necesita un control inmediato para evitar pérdidas a corto plazo en los cultivos, también existe una alta susceptibilidad de los enemigos naturales a plaguicidas sintéticos.

Además, aunque los agentes biológicos son generalmente específicos para sus presas, existe el riesgo de que algunos depredadores o parasitoides desplacen a enemigos naturales nativos afectando el control natural. Este fenómeno, puede suceder, y tener consecuencias imprevistas para la biodiversidad local. Por lo tanto, es esencial realizar estudios cuidadosos antes de introducir cualquier organismo en un nuevo ecosistema (Stiling y Cornelissen, 2005).

## Conclusión

El Control Biológico representa una alternativa muy importante dentro de un Manejo Integrado de Plagas (MIP). Esta táctica ofrece un enfoque duradero y respetuoso con el medio ambiente para el manejo de plagas en la agricultura, además, reduce la resistencia a las plagas lo cual la convierte en una opción para la agricultura del futuro. No obstante, como ya se ha descrito anteriormente representa ciertos desafíos, como el tiempo que requiere para establecerse y el riesgo de no tener la capacitación adecuada para realizar las acciones.

## Literatura Citada

- Arredondo-Bernal HC, Tamayo-Mejía F, Rodríguez-Del Bosque LA. 2020. Fundamento y practica del control biológico de plagas y enfermedades. Colegio de Postgraduados. Azcapotzalco, México.
- Caltagirone, L. E. (1981). Landmark examples in classical biological control. *Annual Review of Entomology*, 26(1), 213-232.
- Del Rincón-Castro, J. C. Rangel Nuñez e I. Zenella-Sainz (2020). Fundamento y practica del control biológico de plagas y enfermedades. División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca. Guanajuato, México. Pp 251
- Doutt, R. L., & Smith, R. F. (1971). The pesticide syndrome—diagnosis and suggested prophylaxis. In *Biological Control: Proceedings of an AAAS Symposium on Biological Control, held at Boston, Massachusetts December 30–31, 1969* (pp. 3-15). Boston, MA: Springer US.
- Garza-Sánchez, J., Coronado-Blanco, J. M., Rodríguez-Del-Bosque, L. Á., Osorio-Hernández, E., Estrada-Drouaillet, B., & Khalaim, A. I. (2023). El control biológico en la educación agrícola: una alternativa sustentable. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 9(1).
- Grønvold, J., Wolstrup, C., Nansen, P., Henriksen, S. A., & Larsen, M. (1996). Biological control aspects of biological control—with reference to arthropods, protozoa and helminths of domesticated animals. *Veterinary Parasitology*, 64(1-2), 47-64.
- Lacey, L. A., Frutos, R., Kaya, H. K., & Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? *Biological Control*, 21(3), 230-248.
- Landis, D. A., Wratten, S. D., & Gurr, G. M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45(1), 175-201.
- Lenteren, J. C. van, Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., & Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39-59.
- Mantzoukas, S., & Eliopoulos, P. A. (2020). Entomopathogenic fungi: A valuable biological control tool against the pine processionary moth, *Thaumetopea pityocampa* (Lepidoptera: Notodontidae). *Frontiers in Microbiology*, 11, 1994.
- Peña-Martínez, R., Lomeli-Flores, J. R., Bujanos-Muñiz, R., Salas-Monzón, R., Hernández-Torres, O. E., Marín-Jarillo, A., ... & Muñoz-Viveros, A. L. (2023). Comparative Biology and Life Tables of Sugarcane Aphid *Melanaphis Sacchari* (Hemiptera: Aphididae) From Guanajuato, Mexico, at Different Temperatures.
- Alatorre-Rosas R. (2020). Fundamento y practica del control biológico de plagas y enfermedades. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco Edo. Méx, México. Pp 271
- Rhodes, D. J. (1993). Formulation of biological control agents. In *Biopesticides: Use and delivery* (pp. 411-438). Springer.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. 2007. Fundamentos ecológicos del control biológico, pp. 19-35. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- SENASICA. 2009. Campañas Fitosanitarias. Cochinilla Rosada del Hibisco. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y

Calidad Agroalimentaria (SENASICA) SADER. Disponible en [www.gob.mx/](http://www.gob.mx/) Cochinilla rosada o cochinilla rosada del hibisco. Consultado el 16 de enero de 2025

Simranjeet, S., Singh, G., & Singh, S. (2020). Biological control agents: Diversity and ecological significances. In *Microbial biotechnology: Basic research and applications* (pp. 55-70). Springer.

Stiling, P., & Cornelissen, T. (2005). What makes a successful biocontrol agent? A meta-analysis of biological control agent performance. *Biological control*, 34(3), 236-246.

Summy, K. R. and J. V. French. 1988. Biological control of agricultural pests: Concepts every producer should understand. *J. Rio Grande Hort. Soc.* 41: 119-133.

Webb, S. E., Niño, A., & Smith, H. A. (2019). Manejo de Insectos en Crucíferas (Cultivos de Coles) (Brócoli, Repollo, Coli flor, Col, Col Rizada, Mostaza, Rábano, Nabos). UF/IFAS Extension, 1-30.

Wright, M. G. (2014). Biological control of invasive insect pests. In *Invasive species and global climate change* (pp. 149-174). CABI.

Zhou, W., Li, M., & Achal, V. (2024). A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. *Emerging Contaminants*, 11 (1), 1-12.