



Uso de parasitoides como herramienta clave en la agricultura sostenible de México: retos y perspectivas ante el cambio climático

Jaime González-Cabrera¹, Humberto Reyes-Prado², Agustín Jesús Gonzaga-Segura^{2,3*}

¹Departamento de Control Biológico, Centro Nacional de Referencia de Control Biológico,

²Laboratorio de Ecoetología de Insectos, Escuela de Estudios Superiores del Jicarero

de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y ³Laboratorio de Ecología Química de Insectos, Estancia Posdoctoral por México-CONAHCYT del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN.

*jgonzaga8603@gmail.com

Resumen

Se describe la importancia del uso de parasitoides como agentes de control biológico de plagas agrícolas en México y se analiza cómo el cambio climático podría, en teoría, reducir su eficiencia, lo que provocaría daños más severos en los cultivos. También presenta cinco estrategias para mitigar estos efectos negativos, que podrían aplicarse en otras regiones debido a la naturaleza global del cambio climático.

Palabras clave: agroecología, control biológico, seguridad alimentaria.

Introducción

México es un referente internacional en la agricultura de exportación. En 2022, fue el séptimo exportador mundial, con ingresos económicos superiores a los generados por el turismo, las remesas y el petróleo^{1,2}. Esta notable importancia se atribuye no solo a la excelente calidad de los productos agrícolas, sino también al compromiso de la industria con prácticas sostenibles y ambientalmente responsables, como el uso frecuente y generalizado de parasitoides en el control de plagas. Los parasitoides son micro avispas de ≤ 3 mm de tamaño que depositan sus huevos sobre o dentro del cuerpo de los insectos plaga (huéspedes), provocando

su muerte. Su especificidad los convierte en una opción ecológica para el control de plagas, lo que reduce la necesidad de intervenciones químicas nocivas y contribuye a la salud de los ecosistemas y sistemas agrícolas¹.

La historia de uso de los parasitoides en México se remonta a 1922, cuando se introdujeron de manera inoculativa dos parasitoides de Cuba y Perú para controlar a las plagas agrícolas conocidas como barrenadores del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea* spp. y *Eoreuma loftini*); subsecuentemente, se introdujo un parasitoide (*Eretmocerus serius*) para controlar la mosca prieta en 1938, y así sucesivamente hay una gran historia de 32 eventos de control biológico hasta 2020¹. Hoy en día, el uso de parasitoides se ha ampliado y diversificado, registrándose la reproducción de 32 especies en insectarios nacionales con fines comerciales. Destacan los parasitoides *Trichogramma* (figura 1a) que, desde 1962, han sido reproducidos y liberados por millones para el control de diversos lepidópteros plaga, como la palomilla de los cereales (figura 1b), el gusano bellotero, el cogollero, el rosado, el soldado y los barrenadores de la caña de azúcar. Estos parasitoides se liberan en aproximadamente 1.5 millones de hectáreas para proteger cultivos como algodón, caña de azúcar, chile serrano, col, girasol, maíz, naranjo, nogal, soya y tomate¹. Como consecuencia de dichas liberaciones masivas, se ha registrado un promedio nacional de parasitismo del 56 %, junto con ahorros económicos significativos. Por ejemplo, la reducción del daño causado por el barrenador en la región de Sinaloa representa un ahorro anual de 25 millones de pesos¹.

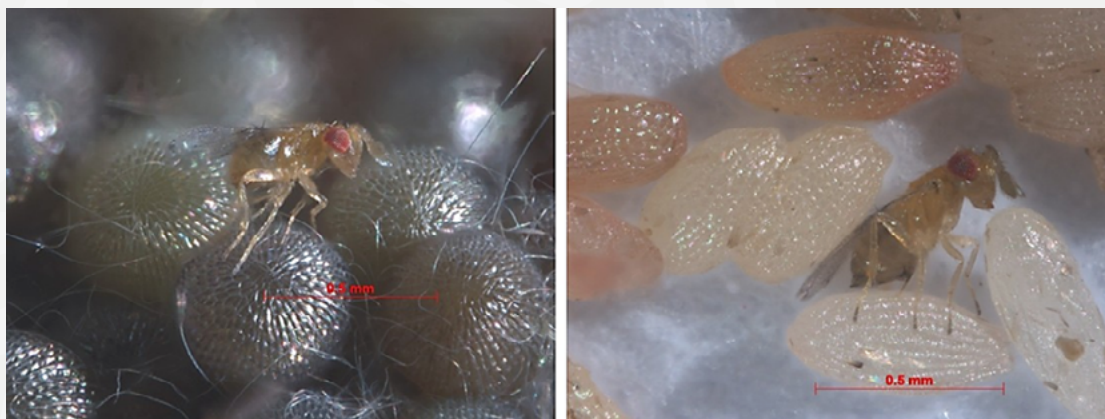


Figura 1. Microavispa parasitoides del género *Trichogramma* parasitando huevos del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (a) y de la palomilla de los cereales (*Sitotroga cerealella*) (b).

Además del uso exitoso de los parasitoides *Trichogramma*, existen otros que se han reproducido y liberado de manera masiva a nivel nacional para combatir plagas que ponen en riesgo la seguridad alimentaria del país, al ocasionar pérdidas del 100 % en cultivos de importancia nacional. Entre ellas, destaca el parasitoide *Anagyrus callidus* (figura 2a) que se ha reproducido y liberado de manera masiva para el combate de la cochinilla rosada del Hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) (figura 2b). De septiembre de 2020 a junio de 2021, se liberaron 23 millones de individuos de *A. callidus* en doce entidades federativas del país con presencia de esta plaga, y estas acciones, junto con la liberación masiva de 407 100 depredadores (*Cryptolaemus montrouzieri*), han permitido mantener la plaga a niveles que no representan daños económicos para los cultivos¹.



Figura 2. Avispa parasitoide de la especie *Anagyrus callidus* (a) donde está parasitando a su huésped la cochinilla rosada del Hibisco (b).

Discusión

El uso eficaz de parasitoides como agentes de control de plagas agrícolas está en riesgo de perder su efectividad ante los efectos inminentes del cambio climático. El aumento de las concentraciones de gases como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, clorofluorocarbonos, metano y ozono en la atmósfera ha provocado incrementos significativos en las temperaturas de la superficie terrestre. Se prevé un calentamiento global de 2-4 °C para finales del siglo xxi. En términos generales, se espera un incremento en la frecuencia de fenómenos ambientales extremos como huracanes, inundaciones, lluvias torrenciales, sequías prolongadas, olas de calor, frentes fríos e incendios³, lo que afectará fuertemente la agricultura. Por ejemplo, el maíz desempeña un papel crucial en la autosuficiencia alimentaria en México, ya que se cultiva para consumo humano en todos los estados del país (7 472 000 ha por año). Este cultivo se realiza principalmente en zonas rurales, en pequeñas fincas, y sigue prácticas agrícolas de bajos insumos, caracterizadas por el uso de semillas nativas y por requerimientos mínimos de capital y mano de obra. En estas condiciones de baja tecnología se teoriza que la presencia de algún fenómeno ambiental extremo (previamente listado) tendrá efectos desastrosos en el cultivo^{1,2}.

Aunque estos eventos extremos también afectarán a las plagas, el cambio climático incidirá mayormente en la eficiencia de los parasitoides por cuatro razones principales:

- I. Los parasitoides son hasta seis veces más pequeños que las plagas agrícolas, lo que los hace más susceptibles a fluctuaciones de temperatura debido al mayor intercambio térmico con el ambiente^{3,4}.
- II. Se espera que las plagas expandan sus nichos o hábitats. Los parasitoides, al tener menor capacidad de vuelo que las plagas, se verán limitados para alcanzar estos nuevos nichos geográficos, lo que reducirá la efectividad del control biológico^{3,4}.
- III. Los parasitoides producidos en laboratorio tienen menor diversidad genética que las plagas agrícolas. En crías masivas, las condiciones estables favorecen la selección de fenotipos adaptados y el constante apareamiento dentro de la misma colonia reduce

la diversidad genética con el tiempo. Si los parasitoides tienen menos diversidad genética, podrían enfrentar dificultades para sobrevivir en campo abierto^{3,4,5}.

- IV. La temperatura óptima de desarrollo de los parasitoides es significativamente más baja que la de las plagas (25 °C contra 28 °C, respectivamente), por lo que teóricamente un aumento de las temperaturas tendrá un impacto negativo en las poblaciones de parasitoides, mientras que favorecerá la tasa de reproducción de las plagas^{3,4}.

Tal como se mencionó anteriormente, en comparación con las plagas agrícolas, los parasitoides no tienen la misma capacidad evolutiva de adaptación a los efectos negativos inminentes ocasionados por el cambio climático. Por tanto, es crucial preparar mejores parasitoides para que puedan enfrentar con mayor éxito este escenario. Las acciones que se podrían hacer son las siguientes:

- I. Utilizar huéspedes de mayor tamaño. El huésped es la única fuente de nutrientes para las larvas del parasitoide; por ello, los huéspedes de mayor tamaño generan parasitoides más grandes, que son más fecundos, longevos y con mayor capacidad de búsqueda⁴.
- II. Preservar la diversidad genética de las colonias de parasitoides. La diversidad genética de las colonias de parasitoides puede preservarse mediante el mantenimiento de líneas distintas, aisladas entre sí, para evitar el flujo de genes entre ellas^{4,5}.
- III. Reproducción de parasitoides en condiciones ambientales fluctuantes. Adaptar esta estrategia de cría en insectarios implica producir linajes más tolerantes a las fluctuaciones ambientales, lo que simula en parte las condiciones variables del campo^{4,5}.
- IV. Selección artificial hacia parasitoides de mayor tamaño. Basándonos en que hay variabilidad genética en las poblaciones silvestres, se debe iniciar un proceso de selección artificial cuyo objetivo sea aumentar sistemáticamente la prevalencia de los genes asociados con cuerpos de mayor talla^{4,5}.
- V. Monitorear la calidad de los parasitoides producidos en el insectario. El monitoreo permite garantizar su viabilidad, mantener su comportamiento funcional, prevenir problemas genéticos y asegurar su tolerancia ambiental, lo que garantiza que los insectos liberados cumplan con los estándares necesarios para maximizar su eficiencia en el campo⁶.

Conclusiones

Ante la inminente disminución de la efectividad de los parasitoides en el modelo agrícola actual y los posibles efectos negativos sobre la seguridad alimentaria del país, resulta urgente que las colonias mantenidas en laboratorios adopten las prácticas mencionadas previamente. La implementación de estas prácticas podría ayudar a mitigar el reto actual que enfrenta la agricultura mexicana. Dado que el cambio climático tendrá un impacto global, las propuestas aquí presentadas podrían ser aplicables en otras regiones del mundo.

Referencias bibliográficas

1. Arredondo, H. C., Tamayo, F., & Rodríguez, L. A. (2020). *Fundamento y práctica del control biológico de plagas y enfermedades*. Biblioteca Básica de Agricultura.
2. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022). *Panorama Agroalimentario 2022*. www.gob.mx/siap/documentos/panorama-agroalimentario-2021?idiom=es
3. Furlong, M. J., & Zalucki, M. P. (2017). Climate change and biological control: the consequences of increasing temperatures host-parasitoid interactions. *Current Opinion in Insect Science*, 20: 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.03.006>.
4. Resh, V. H., & Cardé, R. T. (2009). *Encyclopedia of insects*. Academic press, USA.
5. Leung, K., Ras, E., Ferguson, K. B., Ariëns, S., Babendreier, D., Bijma, P., Bourtzis, K., Brodeur, J., Bruins, M. A., Centurión, A., Chattington, S. R., Chinchilla-Ramírez, M., Dicke, M., Fatouros, N. E., González-Cabrera, J., Groot, T. V. M., Haye, T., Knapp, M., Koskinioti, P., Hesran, S. L., Lyrakis, M., Paspati, A., Pérez-Hedo, M., Plouvier, W. N., Schlötterer, C., Stahl, J. M., Thiel, A., Urbaneja, A., Zand, L. van de, Verhulst, E. C., Vet, L. E. M., Visser, S., Werren, J. H., Xia, S., Zwaan, B. J., Magalhães, S., Beukeboom, L. W., & Pannebakker, B. A. (2020). Next-generation biological control: the need for integrating genetics and genomics. *Biological Reviews*, 95(6), 1838-1854. <https://doi.org/10.1111/brv.12641>
6. Van Lenteren, J. C. (2003). *Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures*. Cabi Publishing.