

Micoinsecticidas, un engranaje más del proceso de sostenibilidad en la agricultura mexicana

Karla Tatiana Murillo-Alonso^{1*}, Víctor Manuel Hernández-Velázquez², Jhony Navat Enríquez-Vara³

¹Laboratorio de Tecnología Sustentable, LABTECSUS, Jiutepec, Morelos C.P. 62576, México

²Laboratorio de Control Biológico, Centro de Investigación en Biotecnología, Cuernavaca, Morelos, México

³Laboratorio de Entomología, CONAHCYT-CIATEJ, Biotecnología Vegetal, Zapopan, Jalisco, México

*Autor de correspondencia: ktmurilloa@gmail.com, murillo.alonso@labtecsus.com

Resumen

Palabras clave:

control biológico, hongos entomopatógenos, insecticidas biológicos, *Metarhizium*, plagas agrícolas

La gran problemática de combatir a los insectos plagas que pueden terminar con los cultivos rápidamente ha generado la dependencia y abuso de los insecticidas químicos, como consecuencia se ha ocasionado resistencia en los insectos y graves problemas ambientales y de salud humana. La Organización de las Naciones Unidas tiene como objetivo encaminar la agricultura hacia la sostenibilidad; para lograrlo el control biológico se muestra como una alternativa donde los hongos entomopatógenos demuestran ser microorganismos funcionales ya que se ha logrado controlar insectos invasores con daños severos en la agricultura como la langosta, el salivazo y la mosca blanca, entre otros insectos considerados plagas. En conclusión, se ha logrado un avance significativo de los micoinsecticidas como herramienta en el manejo de plagas en México y su uso encamina la sostenibilidad agrícola.

Introducción

La producción de alimentos a nivel mundial se ha incrementado debido al aumento de la población humana, lo que representa un reto para los diferentes países. Sin embargo, los rendimientos de los cultivos agrícolas pueden estar comprometidos por variaciones en el clima, disponibilidad de agua para regar los cultivos, nutrición de los cultivos y el ataque de plagas y enfermedades. Por ejemplo, los insectos y fitopatógenos pueden ocasionar pérdidas en los rendimientos de los cereales básicos desde el 17 al 30 % (Savary *et al.*, 2019). Actualmente, los plaguicidas son utilizados para la protección de los cultivos de las plagas, aun cuando, usarlos indiscriminadamente y sin conocimiento técnico ha provo-

Enfoques Transdisciplinarios:
Ciencia y Sociedad, 2(2),
125-135. ISSN: 3061-709X.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.12765629>

Recibido: 18 abril 2024
Revisado: 16 de mayo 2024
Aceptado: 05 de julio 2024
Publicado: 18 de julio 2024



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



cado daños al medio ambiente, disminución de organismos no blanco, generación de poblaciones resistentes, contaminación de suministros de agua dulce, daños a la salud de los aplicadores y personas relacionadas con el manejo de los agroquímicos (Baddi *et al.*, 1994; Pretty, 2018).

Una de las alternativas ecológicas en el manejo de las poblaciones de insectos plaga es el uso de agentes de control biológico. Las poblaciones de los insectos de manera natural se encuentran reguladas por enemigos naturales como: depredadores, parasitoides y microorganismos entomopatógenos. Estos últimos, tienen la capacidad de enfermar y causar la muerte de los insectos (Butt *et al.*, 2016). El empleo de los microorganismos para el control de plagas se le denomina control microbiano de plagas donde se pueden aplicar bioinsecticidas a base de bacterias, hongos y virus entomopatógenos. Uno de los bioinsumos ampliamente utilizados en México son los micoinsecticidas, estos actúan por contacto sobre un amplio número de insectos plaga de cultivos básicos, hortícolas e industriales (Enríquez-Vara, 2021).

Los micoinsecticidas tienen el potencial de coadyuvar en el manejo de poblaciones de insectos plaga por lo que se han convertido en una alternativa en la producción agrícola sostenible de alimentos y contribuir en la soberanía alimentaria de los países como México. En este documento se abordará el papel que juegan los micoinsecticidas en la agricultura, su modo de acción y un análisis de la disponibilidad de productos comerciales disponibles en el mercado para el manejo de diferentes insectos.

Agricultura sostenible

La Organización de las Naciones Unidas marcó el inicio del modelo sostenible con el Informe Brundtland en 1987, y comprende en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de garantizar sus propias necesidades y simultáneamente que se garantice la rentabilidad, la salud ambiental y la equidad social y económica de la población (FAO, 2015). El fundamento de la sostenibilidad conlleva a encontrar un equilibrio entre el derecho a una alimentación con valor nutritivo para la población mundial y la protección de los recursos naturales y de los diferentes ecosistemas de la tierra (FAO, 2015). También establece cinco principios fundamentales de sostenibilidad para la alimentación y agricultura. Uno de ellos es proteger e impulsar los recursos naturales, donde involucran recursos ambientales de suelo, agua, aire y también recursos biológicos como la flora, la fauna y los microorganismos para el beneficio social.

La generación y el uso de prácticas agrícolas no perjudiciales al ecosistema constituyen a la agricultura sostenible e involucra estrategias de Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) que se cimienta en los principios agroecológicos y busca integrar alternativas para solucionar problemas agrícolas más allá del uso de agroquímicos,

considera el origen y causas de la incidencia de las plagas, aspectos ecológicos y del entorno, así como los cultivos y las plagas (SADER-SENASICA, 2019). Manejo Integrado de Plagas (MIP) considera todas las técnicas disponibles para combatir las plagas; estas pueden ser químicas, físicas o bien biológicas y pueden ser empleadas de manera independiente o en combinación para la posterior integración de medidas apropiadas que disminuyen el desarrollo de poblaciones de plagas (FAO, 2019). Ambos manejos de plagas tienen como objetivo lograr un control sostenible y reducir la dependencia hacia los insecticidas químicos y sus efectos nocivos e involucran al control biológico, como se muestra en la Figura 1.

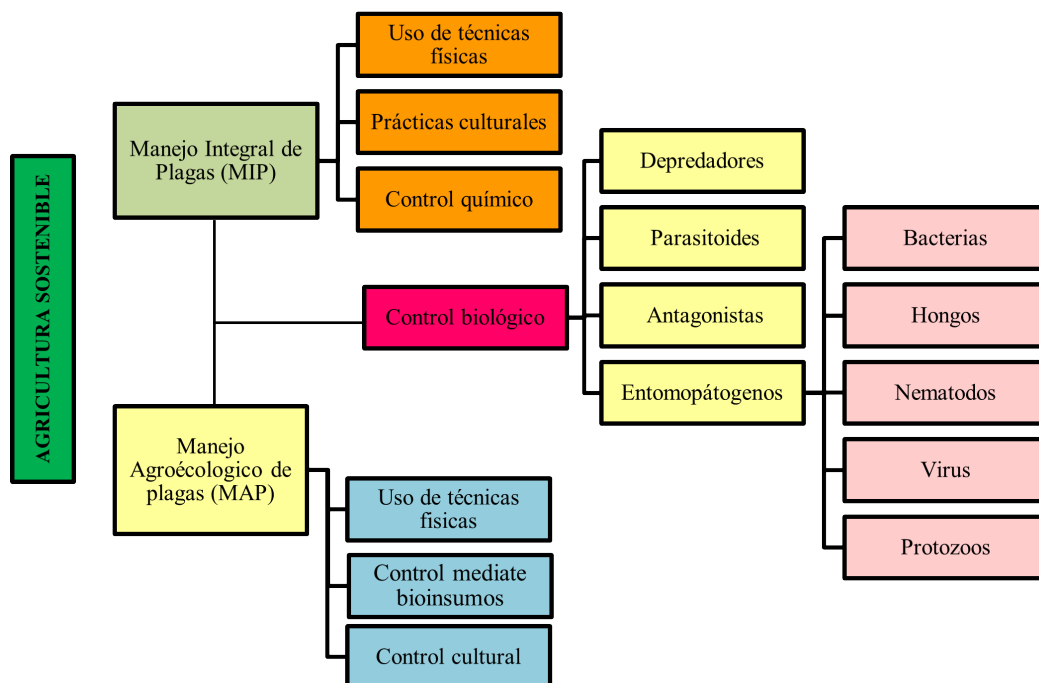


Figura 1. Convergencia del control biológico en la agricultura sostenible (propia)

Control biológico

El control biológico es el uso de enemigos naturales como parasitoides, depredadores y microorganismos entomopatógenos cuyo objetivo es mantener baja densidad de la población de un organismo considerado plaga (De Bach, 1964). La acción de los agentes de control biológico puede ocurrir de manera natural sin participación del hombre o bien involucrando su intervención mediante tres estrategias de control biológico: por introducción (clásico), conservación y aumento (incremento). El control biológico clásico consiste en introducir un agente de control biológico nativo de una plaga invasora para disminuir las poblaciones de los insectos a largo plazo. La estrategia por conservación consiste en mantener el hábitat lo menos perturbado para favorecer la persistencia e incremento de los enemigos naturales en los agroecosistemas. La tercera estrategia por aumento de los enemigos naturales



consiste en liberar grandes cantidades de agentes de control biológico con el objetivo de incrementar las probabilidades de contacto entre las plagas y sus enemigos naturales, esta estrategia proporciona un control casi inmediato de las plagas sobre todo cuando se utilizan bacterias y virus entomopatógenos. El control biológico por aumento es una de las estrategias que se usa de manera generalizada en la agricultura para liberar a los enemigos naturales (Barrera, 2020).

Micoinsectidas y su acción insecticida

Los hongos entomopatógenos se encuentran naturalmente en suelos de diferentes hábitats en todo el mundo. Existen más de 1 000 especies de hongos entomopatógenos pertenecientes a las familias Clavicipitaceae, Cordycipitaceae y Ophiocordycipitaceae de acuerdo con las bases de datos científicas Index fungorum y MycoBank. Los hongos entomopatógenos tienen como función principal la acción insecticida. No obstante, también pueden ser endófitos (estar presente dentro de la planta sin causarle daño) y proteger a las plantas de patógenos y herbívoros, incluso algunos pueden presentar características similares a una micorriza y funcionar como promotores de crecimiento (Behie, Jones, & Bidochka, 2015; Butt *et al.*, 2016).

El modo de acción de los hongos entomopatógenos es por contacto y basta que un par de conidios lleguen al insecto por medio de una aspersión dirigida o que el insecto haya pasado por un sitio donde abundan estos microorganismos como lo es el suelo, e incluso que los conidios hayan sido transportados por el viento para llegar a un insecto. El primer contacto entre los conidios (quien son los encargados de la acción insecticida) y la superficie del insecto ocurre a través de la cutícula. Las condiciones ambientales como una alta humedad favorecen el proceso de germinación del conidio donde un tubo germinal rastrea e identifica la superficie del insecto favoreciendo la adhesión del conidio a la cutícula y la formación de un apresorio, posteriormente se lleva a cabo la penetración de las hifas al interior del insecto mediante degradación enzimática, principalmente por la acción de proteasas, lipasas y quitinasas y presión del tubo germinal sobre la cutícula del insecto provocando la ruptura en la epicutícula y procutícula. Sin embargo, el insecto al censar la invasión fúngica activa su sistema de defensa contra patógenos a través de procesos de melanización, esclerotización, nodulación, fagocitosis, y encapsulamiento tratando que el hongo no lleve a cabo su acción. No obstante, el hongo tiene mecanismos para evadir la respuesta inmunitaria del insecto, por ejemplo, invadiendo diversos sitios y cambiando la conformación de los componentes de su pared celular y de su estructura física para que no sea reconocida por los hemocitos del insecto. Los hongos se multiplican y propagan rápidamente consumiendo el interior del insecto y secretando micotoxinas que ocasionan la muerte del insecto (Tanada & Kaya, 1993; Butt *et al.*, 2016).

En México, se han recolectado y resguardado desde los años 90 cerca de 1 053 aislados de hongos nativos considerados entomopatógenos pertenecientes a los géneros *Beauveria*, *Metarhizium*, *Cordyceps*, *Hirsutella*, *Simplicillium*, *Aschersonia*, *Purpureocillium*, *Entomophthora*, *Akanthomyces* y *Gibellula* (Behie *et al.*, 2015; Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2017; Montesinos-Matías *et al.*, 2020; SENASICA, 2024).

El género *Metarhizium* abunda en los campos de cultivo y se han aislado especies como *M. acridum*, *M. robertsii*, *M. guizhouense*, *M. pinghaense*, *M. rileyi* (*Nomurea rileyi*) y principalmente *M. anisopliae* (Brunner *et al.*, 2017), que se ha empleado para el control de artrópodos de los órdenes Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Thysanoptera y Orthoptera. Debido a las especies de este género y su capacidad de infectar una gran variedad de insectos, es uno de los géneros de hongos entomopatógenos más empleados para el control de plagas.

En México, una de las primeras incursiones de control biológico empleando hongos entomopatógenos se realizó mediante campañas fitosanitarias para el control de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons*), insecto que es capaz de ocasionar la pérdida total de cultivos como el maíz, frijol, sorgo, caña de azúcar y algodón, entre otros cultivos. El hongo *M. acridum* se empleó con éxito en el sureste del país ocasionando la reducción de bandos de langostas de más de 80% a los ocho días de su aplicación entre 2009 y 2014 en 9 974 ha. Se dejaron de aplicar 250 toneladas de paratión metílico en polvo al 2%. Este micoinsecticida ha beneficiado a la protección de miles de hectáreas de cultivos hospederos de langosta en 12 estados (Hernández-Velázquez *et al.*, 2003, 2008; SENASICA, 2009). Asimismo, este hongo ha sido empleado para el control del complejo de chapulines *Brachystola magna*, *Brachystola mexicana*, *Melanoplus differentialis* y *Sphenarium purpurascens* (Arredondo-Bernal & Rodríguez-Vélez, 2020).

Los micoinsecticidas se han utilizado con éxito en las siguientes plagas que perjudican la producción del campo mexicano:

El salivazo o mosca pinta (*Aenolamia postica*) es una de las principales plagas de la caña de azúcar. Los adultos al alimentarse de la savia inyectan toxinas que causan lesiones, esto provoca necrosis y el secamiento de las hojas, lo que afecta el rendimiento de la caña de azúcar. En 1994, el Colegio de Postgraduados (Campus Córdoba) en colaboración con el ingenio central Motzorongo, desarrollaron el primer producto micoinsecticida que contenía *Metarhizium anisopliae*, llamado Saligreen-Ma, para el control de la mosca pinta en México. Las aplicaciones de este micoinsecticida se incrementaron de 2 500 ha en 1999 a 33 000 ha en 2012; su nivel de efectividad alcanzó hasta un 70% de control del salivazo (Hernández-Rosas, 2009; Hernández-Rosas & Figueroa-Rodríguez, 2011; Alatorre-Rosas & Hernández-Rosas, 2015). Las aplicaciones de este micoinsecticida han permitido manejar las poblaciones del salivazo en la gran mayoría de los ingenios azucareros de zonas



del Golfo de México y el Pacífico por medio de colaboraciones a nivel nacional que incorpora dependencias de gobierno y laboratorios de asociaciones de productores, organizaciones y comités Cañeros.

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es una plaga invasora de hábitos polípagos que daña a las plantas de manera directa al alimentarse de la savia e indirectamente mediante la excreción de melaza que promueve el crecimiento de hongos patógenos de plantas. También son consideradas transmisoras de una gran variedad virus fitopatógenos. Aunado a lo anterior, se han detectado biotipos resistentes a insecticidas. Las aplicaciones de los hongos entomopatógenos han permitido un control tanto a cielo abierto como bajo invernadero. Por ejemplo, las aplicaciones del hongo *Isaria javanica* sobre moscas blancas ocasiona el 55% de mortalidad en condiciones de invernadero (Murillo *et al.*, 2023); también el hongo *Beauveria bassiana* es empleado para el control de esta plaga con resultados alentadores (Alatorre-Rosas & Tamayo-Mejía, 2020).

La enfermedad de Huanglongbing (HLB) es causada por la infección de la bacteria *Candidatus Liberibacter*, la cual es transmitida por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. Esta enfermedad ocasiona la muerte de diferentes cítricos. Los hongos *Isaria javanica* y *Metarhizium anisopliae* se han empleado para el control de este psílido en campañas fitosanitarias y pueden ocasionar entre 60 y 82% de mortalidad (Sánchez-González *et al.*, 2015; Arredondo-Bernal & Rodríguez-Velez, 2020).

La broca del café *Hypothenemus hampei* es una de las plagas más importantes del cultivo del café a escala mundial. En México la broca ejerce un impacto directo sobre la economía del productor, ya que al perforar los frutos en campo reduce el rendimiento y merma la calidad del grano cosechado. La integración de los hongos entomopatógenos como *B. bassiana* al manejo integrado de la broca ha permitido reducir los daños de los frutos de café en las principales zonas cafetaleras mexicanas, esto se debe en parte a la facilidad de reproducción, formulación y aplicación que los productores de café han implementado (Barrera *et al.*, 2008).

Los ejemplos anteriormente comentados sobre el uso de los hongos entomopatógenos en varios cultivos de interés nacional han generado que las leyes en México integren el uso y la comercialización de algunos hongos, como lo podemos ver en el marco legal regulado por el Diario Oficial en 2014 y 2016 en donde los hongos entomopatógenos señalados con el nombre *I. fumosorosea*, *I. farinosa*, *H. thompsonii*, *H. citriformis*, *Nomourea rileyi* (*M. rileyi*) y *Lecanicillium lecanii* se encuentran listados como ingredientes activos u organismos de plaguicidas bioquímicos, microbianos, botánicos de riesgo reducido para la salud humana y ambiente. Los hongos *M. anisopliae* y *B. bassiana* no están listados, pero pertenecen a los plaguicidas microbianos y se clasifican y codifican conforme al uso ya sea agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial o doméstico. De acuerdo con la Comisión Federal para la Pro-



tección contra Riesgos Sanitarios, existe un total de 45 productos (40 vigentes y 5 indeterminados) con Registros Sanitarios que contienen uno o más hongos entomopatógenos e indican una categoría de toxicología 4 (ligeramente tóxica) o categoría 5 (generalmente no tóxica) (COFEPRIS, 2024), como se muestra en la tabla 1 y 2.

Tabla 1. Registro sanitario de productos que contiene un hongo entomopatógeno (COFEPRIS, 2024)

Microorganismo	Registro sanitario	Nombre comercial	Toxicidad
<i>M. anisopliae</i>	RSCO-INAC-0903-0289-002-3.0	META-SIN/ META-PLUS / META-TRON / CONTROL-M / DEXTRUX / BIO ATTACK Ma	5
	RSCO-INAC-0376-0250-315-3.0	META-SIN	4
	RSCO-INAC-0903-X0460-002-0.72	BEGABT / ENTOBIOL / ENTOBIOL 7.2 / MAFDET/ MAFDET 7.2/ METARHIZIUM ANISOPLIAE 7.2 PH	5
	RSCO-INAC-0903-X0361-002-12.00	BIOMETT	5
	RSCO-INAC-0903-X0320-002-6.25	META-NOC/ METADOM/ MUSCARDINA/META HM10/ SUPERMETADOM/ SUPERMETA/ METAKILL 16/ META-LD 16	5
	RSCO-INAC-0190-0682-009-0.40	SPECTRUM META A/ METARHIZIUM/ ULTRALITE META A/ CYR METARHIZIUM/ CYR META/ SPECTRUM FUNGIZIUM/ INTER-M-A/ SPECTRUM MICOPROT/ SPECTRUM MICOLOW/ XRRIZUM	5
	RSCO-URB-INAC-0903-X0037-009-0.40	SPECTRUM META A / METARHIZIUM / ULTRALITE META A /CYR METARHIZIUM / CYR META / SPECTRUM FUNGIZIUM / SPECTRUM MICOPROT / SPECTRUM MICOLOW	5
<i>B. bassiana</i> CEPA GHA	RSCO-INAC-0195-311-355-011*	CERCON ES	4
	RSCO-INAC-0195-303-012-002*	NATURALIS L	4
	RSCO-INAC-0195-307-355-011*	MYCOTROL ES/ MYCOTROL ESO/ BOTEGHA	4
	RSCO-INAC-0195-305-355-011*	MYCOTROL ES / BOTANIGARD / MICRON / BAXIL	4
<i>B. bassiana</i>	RSCO-INAC-0195-0236-315-2.5	BEA-SIN	4
	RSCO-INAC-0903-0195-0291-002-2.5	BEA-SIN/ BEA-PLUS/ BEA-TRON/CONTROL-B /BEAUVER/ BIO ATTACK Bb	5
	RSCO-INAC-0195-315-002-007	ATENTO / BEIRA / BARA	5
	RSCO-INAC-0195-313-017-092	Bb-TECNICO	4
	RSCO-INAC-0195-X0301-417-20.0	BIOBEA / BASSIANOX / BEABIOL / MOSCACID® /MUMYS / BEALUX / BEACROP / MYCOVERIA / BEAUVEVEX / BEAFIN	5
	RSCO-INAC-0195-X0359-002-12.00	BIOBASSB	5
	RSCO-INAC-0195-317-002-010	BIOVERIA/ BIOVETROL/ BIOVEGROW/ BASIMAX/ BIOVECROP	5
	RSCO-INAC-0195-309-012-002*	NATURALIS L / MYCORALIS	4
	RSCO-INAC-0195-0622-002-1.4	MILINI / BIOIN DALIFE Bb / BROADBAND	5
	RSCO-INAC-0195-X0013-009-0.40	SPECTRUM BEA B / BEAUVERIA / ULTRALITE BEA B / CYR BEAUVERIA / INTER BB	5
RSCO-URB-INAC-0195-X0020-009-0.40	SPECTRUM BEA B / BEAUVERIA /ULTRALITE BEA B / CYR BEAUVERIA	5	
RSCO-INAC-0195-X0593-375-20.0	BIOBENA / BEAURIL / MPAWUCHI / BIO EXTREMT / BASSIPLUS / BEUBAS / BEPBea	5	
<i>V. lecanii</i>	RSCO-INAC-0104M-0237-315-2.5	VERTI-SIN	4
	RSCO-INAC-0104M-303-002-006	EDAY / FLORETE / VASTATOR	4
	RSCO-INAC-0104M-301-017-090	VL-TECNICO	4
<i>P. fumosoroseus</i>	RSCO-INAC-0907-0238-315-3.0	PAE SIN	4
	RSCO-INAC-0906-0286-002-3.0	PAE-SIN/ PAE-PLUS/ PAE-TRON/ CONTROL P/ PAECIOM/ BIO ATTACK Pf	5
	RSCO-INAC-0907-0409-002-20	PAECIL / BEMIS / FONGUSS/ PAECROP/ BIOCELIUM/ FUMBIOL / BIOMYTROL / ENTOFUM	5
	RSCO-INAC-0910-0014-034-020	PFR-97 20% WDG	5
	RSCO-INAC-1111-X0177-002-018	NOFLY WP / PACYLOS	5



<i>Isaria fumosorosea</i>	RSCO-INAC-0598-X0638-002-3.0	NOHOL / NOHOL 30 HP / BULLPEST / BULL PEST 30 HP / ISARIA FUMOSOROSEA 30 PH	5
	RSCO-INAC-0598-X0551-375-1.10	PF / FALCON	5
<i>Hirsutella thompsonii</i>	RSCO-INAC-0607-X0600-013-65.0	THOMPZAR / HIRSUTT / HIRSUZAR / BIOCONTROL HT / BIOENTO HT / ACARZAR / ENTOZAR / ENTOCAR / ACARCONTROL HT / BIOSONII	5
	RSCO-MEZC-INAC-0911H-X0089-375-30.0	AKARSTOP / AKARSTOP MIX / AKARSTOP PLUS / AKARKILL / AKARCONTROL / HN INSECT / ENTO STOP / ARACONTROL	5

*Registro sanitario con estatus indeterminado

Tabla 2. Registro Sanitario de productos que contiene dos o más hongos entomopatógenos (COFEPRIS, 2024)

Microorganismo	Registro sanitario	Nombre comercial	Toxicidad
	RSCO-MEZC-INAC-0903-0195-X0052-002-16.0	BIOMABB	5
<i>M. anisopliae</i> <i>B. bassiana</i>	RSCO-MEZC-INAC-0903-0195-X0050-0008-3.0	ANIQUM / MBgolf / METABASS / BM CONTROL	5
	RSCO-MEZC-INAC-0195-0903-X0077-002-20.0	ANIQUM SÓLIDO / BACPOL / ANTIFALL / METABEAU / BIOSTRIKE	5
<i>P. fumosoroseus</i> <i>M. anisopliae</i> <i>B. bassiana</i>	RSCO-INAC-0908-0285-002-5.7	TRI-SIN/ TRI PLUS/ TRI- TRON/ CONTROL-TRI/ ENTOMOTRI/ BIO ATTACK Mix3	5
	RSCO-INAC-0909-0290-009-5.7	TRI-SIN/ TRI-PLUS/ TRI-TRON/ CONTROL-TRI / ENTOMOTRI / BIO ATTACKMix3	5
<i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>L. lecanii</i>	RSCO-MEZC-INAC-0910M-X0064-375-45.00	ZABIYAK 3X	5
<i>B. bassiana</i> <i>M. anisopliae</i> <i>L. lecanii</i> <i>B. thuringiensis</i>	RSCO-MEZC-INAC-0911Z-X0118-375-20.5	FOGONERO / BIOPLAGUIDE / EKSTERMINANTO	5
<i>B. bassiana</i> <i>Bacillus thuringiensis</i>	RSCO-MEZC-INAC-0195-0105-X0178-052-40	BIOHAMMER M/ BIOPEST MAX/ ZEROBOOM / BIOANTIPLAGA/ BIOPESTMAX	5
<i>B. bassiana</i> <i>N. rileyi</i> <i>M. anisopliae</i> <i>V. lecanii</i> <i>P. fumosoroseus</i>	RSCO-MEZC-INAC-0195-X0029-096-85.0	ENTOMAXX 5X2 / BIOMAXX DUO / ENTOPLUS BIO / MAXXIKEYOVER BIO. / BIOFIVE STARS / BIOPEST PAE / BIOPEST BEA / BIOPEST FUMOS / BIOPEST MET BEA / BIOPEST VERTILEC / BIOPEST META	5
<i>B. bassiana</i> <i>N. rileyi</i> <i>Bt var. kurstaki</i> <i>Bt.var. israelensis</i>	RSCO-INAC-0195-0636-096-54	LARBIOL 2X / BIOHAMMER / LARVIOUT / KILLARV / LARBIOL GM / LEPIDOUT / ENTOMAXX 5X2 / BIOPESTMAX	5

Conclusiones

Los micoinsecticidas son candidatos en ascenso en el control biológico debido a la gran cantidad insectos plagas que pueden combatir y por su eficiente mecanismo de infección por contacto. En México existen al menos 45 micoinsecticidas regulados y disponibles para beneficiar a la agricultura sostenible; no obstante, este uso está limitado principalmente por la decisión del agricultor y por la desinformación, por lo que es importante concientizar a la sociedad del beneficio de su uso.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Referencias

- Alatorre-Rosas, R., & Tamayo-Mejía, F. (2020). Protozoarios-microsporidia y hongos entomopatógenos. En Arredondo-Bernal, H. C., Tamayo-Mejía, F., & Rodríguez del Bosque, L.A. (Eds). *Fundamento y Práctica del Control Biológico de Plagas y Enfermedades* (pp. 187-238). Biblioteca Básica de Agricultura.
- Alatorre-Rosas, R., & Hernández-Rosas, F. (2015). Mosca pinta, *Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp. (Hemiptera: Cercopidae). En Arredondo-Bernal, H. C., & L. A. Rodríguez-del-Bosque (Eds.), *Casos de Control Biológico en México, Vol. 2* (pp.141-164) Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduado.
- Arredondo-Bernal, H. C., & Rodríguez-González, B. (2020). Biological Control in Mexico. En van Lenteren, J., V. H. P. Bueno, M.G. Luna & J.C. Colmenares (Eds.), *Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future* (pp. 308-335). CAB International Publishing. <https://doi.org/10.1079/9781789242430.0001>
- Badii, M. H., Flores, A. E., Torres, R., & Quiroz, H. (1994). Medición del impacto económico de las plagas. *Calidad Ambiental*, 1(6), 6-9.
- Barrera, J. F. (2020). Conceptos, alcances e implicaciones del control biológico. En Arredondo-Bernal, H. C., Tamayo-Mejía, F., & Rodríguez del Bosque, L. A. (Eds), *Fundamento y Práctica del Control Biológico de Plagas y Enfermedades* (pp. 15-39). Biblioteca Básica de Agricultura, México
- Barrera, J. F., Gómez, J., Castillo, A., López, E., Herrera, J., & González, G. (2008). Broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). En Arredondo-Bernal, H. C., & L. A. Rodríguez-del-Bosque (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp. 101-120). Mundi-Prensa, México.
- Behie, S. W., Jones, S. J., & Bidochka, M. J. (2015). Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Metarhizium* and *Beauveria*. *Fungal Ecology*, 13, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.08.001>
- Brunner-Mendoza, C., Moonjely, S., Reyes-Montes, M. R., Toriello, C., & Bidochka M. J. (2017). Physiological and phylogenetic variability of Mexican *Metarhizium* strains. *BioControl*, 62, 779-791. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9839-3>
- Butt, T. M., Coates, C. J., Dubovskiy, I. M., & Ratcliffe N. A. (2016). Entomopathogenic Fungi: New Insights into Host-Pathogen Interactions. *Advanced Genetics*, 94, 307-64. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006>
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (25 de febrero 2024). *Consulta de Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR*. <https://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>
- De Bach., P. (1964). *Biological control of insect's pests and weeds*. Cambridge University Press.
- Enríquez-Vara, J. N. (2021). Control biológico de plagas con microorganismos entomopatógenos. En Castañeda-Nava, J.J. (Eds), *Tópicos de Herramientas Biotecnoló-*



- gicas para el Desarrollo Agrícola* (pp. 73-80). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.
- Hernández-Rosas, F. & Figueroa-Rodríguez, K. A. (2011). Barrenador (*Diatraea Saccharalis*) y mosca pinta (*Aeneolamia* spp. *Prosapia* spp.) en caña de azúcar y sus enemigos naturales. *Agro Productividad*, 4(3). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/578>
- Hernández-Rosas, F. (2009). *Manejo del salivazo (Aeneolamia postica) mediante inducción de epizootias con Metarhizium anisopliae*. XXXII Convención de la Asociación de Técnicos Azucareros México A.C. Córdoba, Veracruz, México.
- Hernández-Velázquez, V. M., Hunter, D. M., Barrientos-Lozano, L., Lezama-Gutiérrez, R. & Reyes-Villanueva, F. (2003). Susceptibility of *Schistocerca piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) to *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Deuteromycotina: Hyphomycetes): laboratory and field trials. *Journal of Orthoptera Research*, 12(1), 89-92. [https://doi.org/10.1665/1082-6467\(2003\)012\[0089:SOSPOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1665/1082-6467(2003)012[0089:SOSPOA]2.0.CO;2)
- Hernández-Velázquez, V.M. & Toriello, C. (2008). Langosta voladora, *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae). En H.C Arredondo-Bernal, & L. A. Rodríguez-del-Bosque (Eds.), *Casos de Control Biológico en México* (pp.47-75). Mundi-Prensa, México.
- Montesinos-Matías, R., Ayala-Zermeño, M. A., Berlanga-Padilla A. M., Avalos, A. J. J., & Arredondo-Bernal, H. C. (2020). Colección de Hongos Entomopatógenos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, México. *Boletín de la Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivos (FELACC)*, 29, 6-13. <http://felacc.cinvestav.mx/boletin/29.pdf>
- Murillo Alonso, K. T., Salazar Magallón J. A., Olarte Lozano M., Peña Chora, G., Hernández Baltazar E., Toriello C., & Hernández Velázquez, V. M. (2023). Evaluation of *Isaria javanica* (Hypocreales: Cordycipitaceae) oil dispersion formulations for the control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 43, 2179-2187. <https://doi.org/10.1007/s42690-023-01120-5>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015). *Construyendo una visión común para la agricultura y alimentación sostenibles: Principios y enfoques*. <https://www.fao.org/3/i3940es/i3940es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2019). *Manejo integrado de plagas y plaguicidas*. <https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>
- Pretty J. (2018). Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science (New York, N.Y.)*, 362(6417), eaav0294. <https://doi.org/10.1126/science.aav0294>



- Rodríguez-Rodríguez, J. C., Montesinos-Matías, R., Berlanga-Padilla, A. M., Ayala-Zermeño, M. A. & Arredondo-Bernal H. C. (2017). Colección de Hongos Entomopatógenos del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, México. *Boletín de la Federación Latinoamericana de Colecciones de Cultivos (FELACC)*, 23: 5-10. https://www.researchgate.net/publication/319725078_Coleccion_de_hongos_entomopatogenos_del_Centro_Nacional_de_Referencia_de_Control_Biologico_Mexico
- Sánchez-González, J. A., Mellín-Rosas, M. A., Arredondo-Bernal, H. C., Vizcarra Valdez, N. I. González-Hernández, A., & Montesinos-Matías, R. (2015). Psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). En Arredondo-Bernal, H.C. y L.A. Rodríguez-del-Bosque (Eds.), *Casos de Control Biológico en México, Vol. 2.* (pp. 339-372). Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduado.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., Mc Roberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural – Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2019). *Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL_PARA_EL_BUEN_USO_Y_MANEJO_DE_PLAGUICIDAS_EN_CAMPO.pdf
- Secretaría de Gobernación. (13 de febrero 2014). *DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos.* Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5332473&fecha=13/02/2014
- Secretaría de Gobernación - Secretaría de Salud. (22 de noviembre 2016). *ACUERDO por el que se da a conocer la Lista de plaguicidas bioquímicos, microbianos, botánicos y misceláneos de riesgo reducido.* Diario Oficial de la Federación. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5461755&fecha=22/11/2016
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2009). *Ficha Técnica Schistocerca piceifrons piceifrons Walker, Langosta Centroamericana.* Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157817/Ficha_tcnica_langosta.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2024). *Entomopathogenic Fungi Collection (CHE).* Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/802042/Entomopathogenic_Fungi_Collection__CHE_.pdf
- Tanada, Y., & Kaya, H. K. (1993). *Insect pathology.* Academic Press.