

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PATOGENICIDAD DE *Beauveria bassiana* SOBRE LARVAS DE LEPIDÓPTEROS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA

FÁTIMA LIZETH GANDARILLA-PACHECO, ISELA QUINTERO-ZAPATA, HUGO A. LUNA-OLVERA, JAIRO HERNÁN ALFARO-ÁLVAREZ, EUGENIA G. ORTIZ-LECHUGA, JOSÉ LUIS ZACARÍAS-HERNÁNDEZ Y MYRIAM ELÍAS-SANTOS

RESUMEN

Los lepidópteros constituyen un problema en la agricultura debido a su polifagia y amplia distribución; sin embargo, el uso de plaguicidas para su control favorece la aparición de resistencias. En el presente análisis se determinó y comparó, mediante el método de inmersión, la patogenicidad de dos aislados (HIB-4, HIB-7), una cepa de colección (GHA) y dos formulaciones comerciales de *Beauveria bassiana* (Bea-Sin, Bea-Gaia) para el manejo de *Helicoverpa zea*, *Spodoptera exigua* y *Trichoplusia ni*. Se llevaron a cabo bioensayos en laboratorio utilizando larvas neonatas, criadas en placas de cultivo celular de múltiples pocillos que contenían dieta artificial de Shorey. Las larvas de lepidópteros fueron sumergidas en suspensiones de conidios de *B. bassiana* ($1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$), incubándose poste-

riormente a $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ H.R. y un fotoperíodo de 14:10 h (luz:oscuridad). El aislado HIB-4 registró la mayor mortalidad, con un 70,1% en larvas de *H. zea*; mientras que la menor mortalidad se asoció a la formulación comercial Bea-Sin en el mismo lepidóptero, causando un 32,6%. En la comparación de la mortalidad, no se detectaron diferencias significativas entre los aislados nativos, la cepa de colección y las formulaciones comerciales en su capacidad para inducir mortalidad en las larvas de *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni*. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluyó que la aplicación de un aislado nativo de *B. bassiana*, una cepa de colección o una formulación comercial produjo niveles similares de mortalidad en los lepidópteros evaluados.

Introducción

El orden Lepidoptera se considera uno de los más diversos, agrupando alrededor de 165,000 especies, las cuales representan casi el 10% de todas las especies de

insectos en el mundo (Ribas-Marqués *et al.*, 2022). La familia Noctuidae comprende casi 35,000 especies a nivel mundial, entre las cuales se incluyen lepidópteros que afectan diversos cultivos de importancia económica. Las especies de esta familia se caracterizan por ser plagas polífagas, capaces de atacar

cualquier tipo de cultivo herbáceo. Además, presentan un comportamiento gregario marcado, donde los estadios inmaduros tienden a desarrollarse en grandes cantidades sobre la misma planta, y algunas especies poseen hábitos migratorios, apareciendo masivamente en los cultivos en determinadas épocas

PALABRAS CLAVE / *Beauveria bassiana* / Conidios / Larvas / Lepidópteros / Patogenicidad /

Recibido: 11/01/2025. Modificado: 25/06/2025. Aceptado: 26/06/2025.

Fátima Lizeth Gandarilla-Pacheco. Doctora en Ciencias con especialidad en Biotecnología. Posdoctorado. Investigadora, Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. e-mail: fatima.gandarillap@uanl.edu.mx.

Isela Quintero-Zapata. Doctora en Ciencias con especialidad en Biotecnología. Profesora Investigadora, Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. e-mail: isela.quinterozp@uanl.edu.mx.

Hugo A. Luna-Olvera. Doctor en Ciencias con especialidad en Microbiología. Profesor Investigador, Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. e-mail: hugo.lunaol@uanl.edu.mx.

Jairo Hernán Alfaro-Álvarez. Doctor en Ciencias con orientación en Biotecnología. Profesor de asignatura, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. e-mail: jairo.alfaroalv@uanl.edu.mx.

Eugenia G. Ortiz-Lechuga. Doctora en Ciencias con orientación en Biotecnología. Investigadora, Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. e-mail: eugenia.ortizlcg@uanl.edu.mx.

José Luis Zacarías-Hernández. Doctor en Ciencias. Profesor de asignatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Microbiología e Inmunología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. e-mail: jzacariash@uanl.edu.mx.

Myriam Elías-Santos (Autor de correspondencia). Doctora en Ciencias con especialidad en Biotecnología. Profesora Investigadora, Facultad de Ciencias Biológicas, Instituto de Biotecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Dirección: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas-Instituto de Biotecnología. Av. Pedro de Alba s/n esq. Av. Manuel L. Barragán, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66455. México. e-mail: myriam.eliassn@uanl.edu.mx.

del año y causando daños significativos (Culin, 2024).

En este contexto, México se identifica como uno de los países megadiversos, con condiciones climáticas favorables y un territorio amplio, lo que lo convierte en un productor destacado de una gran variedad de cultivos. De acuerdo con datos gubernamentales, México ocupa el primer lugar como productor de hortalizas en Latinoamérica; solo en 2022, se posicionó como principal exportador de hortalizas, plantas, raíces y tubérculos alimenticios, con un valor de US\$9,692 millones (Data México, 2022).

Se estima que en México se producen alrededor de 70 variedades de hortalizas; sin embargo, también se registran diversas plagas que afectan estos cultivos, entre las que destacan *Helicoverpa zea*, *Spodoptera exigua* y *Trichoplusia ni* (Loera-Gallardo *et al.*, 2008). En el caso de *Helicoverpa zea* (Boddie), este lepidóptero afecta una gran cantidad de hospederos como soya (*Glycine max* L.), chile (*Capsicum spp.*), algodón (*Gossypium spp.*), sorgo (*Sorghum spp.*), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.) y maíz (*Zea mays* L.). El maíz se considera uno de los cultivos más afectados por *H. zea*, pudiendo ocasionar pérdidas de hasta el 15% del rendimiento. Adicionalmente, *H. zea* forma parte del denominado complejo “Heliothis”, conformado por *Heliothis virescens* (F.) y *Helicoverpa zea* (Boddie), el cual representa uno de los grupos de plagas más importantes en México debido a la severidad de los daños, la variedad de cultivos afectados y su amplia distribución en el territorio nacional (Loera-Gallardo *et al.*, 2008).

Por otro lado, *Spodoptera exigua* (Hübner) se clasifica como una plaga cíclica que, cuando está presente en el cultivo, puede consumir casi la totalidad de la planta debido a sus actividades de alimentación. Se han reportado como hospederos de *S. exigua* cultivos como trigo (*Triticum spp.*), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), melón (*Cucumis melo* L.) y maíz (*Zea mays* L.) (Han *et al.*, 2014).

Otro lepidóptero de importancia económica es *Trichoplusia ni* (Hübner), el cual afecta principalmente a crucíferas y cucurbitáceas, tales como brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), repollo chino (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), berza (*Brassica oleracea* var. *viridis*), col rizada (*Brassica oleracea* var.

sabellica), mostaza (*Sinapis alba*), rábano (*Raphanus sativus*), nabo (*Brassica rapa* subsp. *rapa*), berro (*Nasturtium officinale*), remolacha (*Beta vulgaris*), melón (*Cucumis melo*), apio (*Apium graveolens*), pepino (*Cucumis sativus*), frijol de Lima (*Phaseolus lunatus*), lechuga (*Lactuca sativa*), guisante (*Pisum sativum*), pimiento (*Capsicum annuum*), papa (*Solanum tuberosum*), espinaca (*Spinacia oleracea*), calabaza (*Cucurbita spp.*), batata (*Ipomoea batatas*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y sandía (*Citrullus lanatus*).

T. ni se alimenta del follaje y, en infestaciones elevadas, puede disminuir la densidad de las plántulas y generar cosechas no uniformes. Existe evidencia de que, en los primeros tres estadios larvales (L1 a L3), la alimentación se limita a la superficie inferior de las hojas, dejando intacta la superficie superior. Los estadios cuarto y quinto forman grandes agujeros y, por lo general, no consumen los márgenes de las hojas. Sin embargo, en el caso de la col, se alimentan no solo de las hojas de envoltura, sino que también pueden perforar la cabeza en desarrollo. Las larvas llegan a consumir hasta tres veces su peso en material vegetal diariamente (Capinera, 2020).

El manejo de estas plagas incluye diferentes métodos, tales como el químico, biológico y cultural, siendo el control biológico una estrategia importante para disminuir la densidad de las poblaciones insectiles. La implementación de este tipo de control se considera relevante, ya que contribuye a reducir el daño ambiental derivado del uso constante de plaguicidas (Qureshi y Stansly, 2009).

Por otra parte, los hongos entomopatógenos constituyen el grupo más importante en el control biológico de insectos plaga, ya que casi todos resultan susceptibles a la infección por esporas de hongos, causando enfermedades en estos hospederos. En el caso específico de *Beauveria bassiana*, se ha documentado que infecta a más de 200 especies de insectos pertenecientes a diferentes órdenes, entre las cuales se destacan plagas de importancia económica como *Spodoptera frugiperda*, *Diatraea magnificiella*, *Hypothenemus hampei* y *Bemisia tabaci*, por mencionar algunas (Pacheco-Hernández *et al.*, 2019).

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo determinar, mediante ensayos, la patogenicidad de dos aislados de *Beauveria bassiana* (claves HIB-4 y HIB-7), los cuales han demostrado actividad entomopatógena en investigaciones previas (Gandarilla-Pacheco *et al.*, 2013a,b), y comparar su efectividad con una cepa de colección de

B. bassiana (clave GHA) y con dos productos comerciales (Bea-Sin y Bea-Gaia) basados en conidios de *B. bassiana*, para establecer su potencial como agentes de control sobre larvas de *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni*.

Metodología

Obtención de larvas

Las larvas neonatas de *Helicoverpa zea*, *Spodoptera exigua* y *Trichoplusia ni*, se adquirieron en la Unidad de Cría Masiva de Insectos del Instituto de Biotecnología, FCB- UANL.

Microorganismos

Para este estudio fueron seleccionados dos aislados nativos de *B. bassiana* con clave HIB-4 y HIB-7, así como la cepa GHA, procedentes de la colección de hongos del laboratorio L6 del Instituto de Biotecnología, FCB-UANL. Adicionalmente, se incluyeron dos formulaciones comerciales: Bea-Sin[®] (Agrobionsa^{MR}) y una formulación de *B. bassiana* componente del producto BEA-MET Plus[®] (Agro Orgánicos Gaia^{MR}), la cual, para efectos exclusivos de este trabajo, fue denominada Bea-Gaia.

Obtención de inóculo para bioensayos

Los hongos crioconservados en glicerol fueron colocados a 25°C para inducir el descongelamiento y, posteriormente, fueron inoculados en agar papa dextrosa (PDA) a 25 ± 2°C y con un fotoperíodo de 12:12h (luz:oscuridad). Posteriormente, a cada hongo se le añadieron de 10 a 15mL de solución Tween 80 al 0,01% (v/v) y, con un asa, se realizó el desprendimiento de los conidios para obtener suspensiones concentradas. En el caso de las formulaciones, se tomó 1 gramo de cada producto y se resuspendió en solución Tween 80 al 0,01% (v/v). Una vez obtenidas las soluciones de conidios y de las formulaciones, se realizaron diluciones para ajustar la concentración en la cámara de Neubauer hasta alcanzar 1 × 10⁸ conidios mL⁻¹.

Viabilidad

En cajas Petri que contenían agar papa dextrosa, se realizó una cuadrícula con un marcador en el reverso; cada cuadro, de aproximadamente 1cm², fue sembrado con alícuotas de 5µL, a una concentración de 1 × 10⁶ conidios mL⁻¹. Las placas fueron incubadas a 25 ± 2°C durante 10 horas. Concluido el período de incubación, se añadió una gota de

colorante azul algodón lactofenol. El cuadro de agar fue colocado en un portaobjetos y se procedió a contar 100 conidios (germinados y no germinados) en un microscopio óptico a 40×. El criterio para considerar un conidio como germinado se definió únicamente para aquellos que presentaron un tubo germinativo con una longitud aproximada a la mitad del diámetro del conidio. Este parámetro se reportó como porcentaje de conidios germinados, y se contaron al menos cinco cuadros para cada hongo evaluado (Douglas Inglis *et al.*, 2012). La viabilidad de los hongos utilizados en los bioensayos fue determinada a partir de las suspensiones preparadas para este propósito.

Bioensayos

Cincuenta larvas neonatas (L1), según el lepidóptero a tratar, fueron colocadas en recipientes plásticos estériles de 100mL de capacidad, y se añadieron 5mL del tratamiento correspondiente durante 30 segundos. Transcurrido el tiempo, se vertió cuidadosamente la solución con las larvas sobre papel secante para eliminar el exceso de humedad; una vez que presentaron actividad (movimiento), se seleccionaron 24 larvas neonatas y cada una fue colocada en un pozo de placas para cultivo celular conteniendo dieta artificial Shorey. Una vez ubicadas las larvas en la placa, los pocillos fueron cubiertos con un pliego de papel secante, se colocó la tapa y se selló por los costados con cinta masking tape No. 110. Los tratamientos fueron incubados a $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ H.R. y un fotoperíodo de 14:10h (luz:oscuridad). La mortalidad se determinó a los siete días posteriores a la aplicación. Finalmente, los ejemplares muertos fueron colocados en cámara húmeda para estimular la emergencia del micelio como síntoma típico de la infección causada por el hongo.

Análisis estadístico

Los experimentos fueron realizados bajo un diseño completamente al azar y por triplicado. La muestra estuvo constituida por 750 larvas neonatas de cada lepidóptero por experimento, incluyendo un testigo con Tween 80 al 0,1% (v/v) y otro con agua destilada estéril. El porcentaje de mortalidad para cada tratamiento aplicado a los lepidópteros fue calculado con base en el número de larvas muertas que presentaron síntomas característicos de infección por *Beauveria bassiana* a los tres días de haber sido colocadas en cámara húmeda. Finalmente, los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey ($\alpha=$

0,05) para la comparación de medias. Todos los análisis fueron realizados con el programa estadístico IBM SPSS® (v.19, NY). Los experimentos se repitieron en al menos dos ocasiones.

Resultados

Los resultados obtenidos indican que las larvas de *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni* inoculadas presentaron síntomas compatibles con la infección causada por *B. bassiana* a partir del segundo día postinoculación, y murieron a partir del tercer día. Los testigos no registraron mortalidad durante el ensayo. Para *H. zea*, los resultados mostraron un índice de mortalidad inferior al 71% para todos los tratamientos, reportándose diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre ellos. La cepa GHA causó una mortalidad del 34%, mientras que los aislados HIB-4 y HIB-7 registraron mortalidades del 70,1% y 65,8%, respectivamente. Los formulados Bea-Sin y Bea-Gaia presentaron valores de 32,6% y 29,1%,

respectivamente (Figuras 1 y 4). La viabilidad de los conidios fue superior al 90% al momento de realizar los bioensayos.

Respecto a *Spodoptera exigua*, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos; el índice de mortalidad fue inferior al 60% para todos. El formulado Bea-Gaia presentó el mayor índice de mortalidad (59%), seguido del aislado HIB-4 (54,1%). La cepa GHA y el aislado HIB-7 causaron mortalidades del 45,8% y 44,4%, respectivamente, mientras que Bea-Sin registró solo un 33,3% (Figuras 2 y 4).

Para *T. ni*, el índice de mortalidad fue inferior al 70% en todos los tratamientos evaluados. El formulado Bea-Sin registró el mayor índice de mortalidad (69,4%), seguido por HIB-4 (61,8%) y Bea-Gaia (59,0%). La cepa GHA y el aislado HIB-7 causaron mortalidades del 45,1% y 42,3%, respectivamente, observándose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) (Figuras 3 y 4).

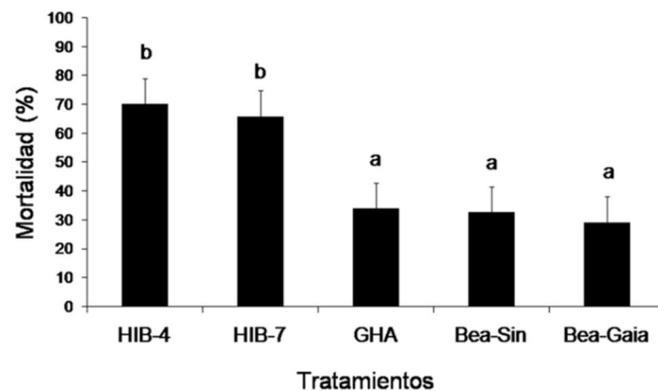


Figura 1. Mortalidad de *Helicoverpa zea* por *B. bassiana* mediante el método de sumergido bajo condiciones de laboratorio, $26 \pm 2^\circ\text{C}$; $65 \pm 5\%$ H.R.; 14:10h luz: oscuridad. Los tratamientos con diferente letra son estadísticamente distintos ($p \leq 0,05$). Líneas en las barras muestran el error estándar.

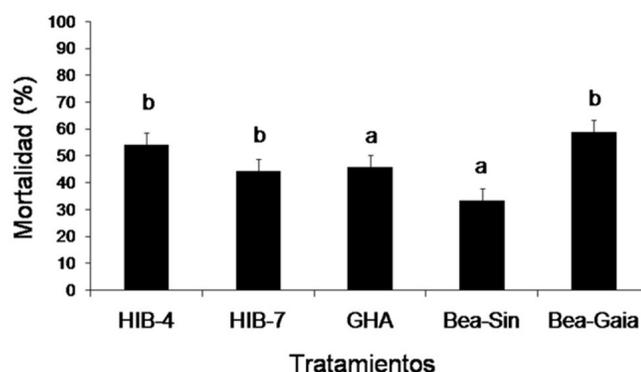


Figura 2. Mortalidad de *Spodoptera exigua* por *B. bassiana* mediante el método de sumergido bajo condiciones de laboratorio, $26 \pm 2^\circ\text{C}$; $65 \pm 5\%$ H.R.; 14:10h luz: oscuridad. Los tratamientos con diferente letra son estadísticamente distintos ($p \leq 0,05$). Líneas en las barras muestran el error estándar.

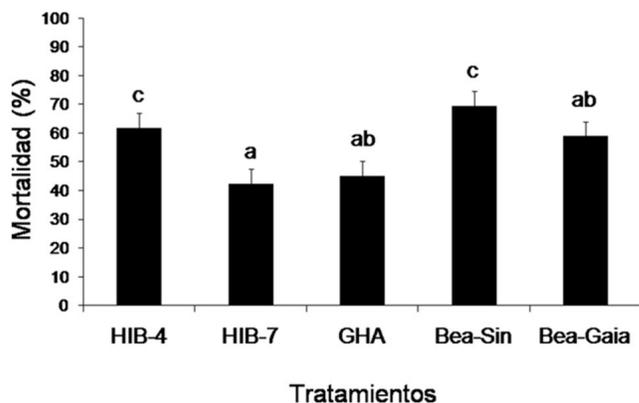


Figura 3. Mortalidad de *Trichoplusia ni* por *B. bassiana* mediante el método de sumergido bajo condiciones de laboratorio, $26 \pm 2^\circ\text{C}$; $65 \pm 5\%$ H.R.; 14:10h luz: oscuridad. Los tratamientos con diferente letra son estadísticamente distintos ($p \leq 0,05$). Líneas en las barras muestran el error estándar.

aislados nativos, fue de 56,46%; para la cepa GHA, fue de 41,66%, y para los formulados comerciales, se registró en 47,09% (Figura 5).

Discusión

La patogenicidad de los hongos entomopatógenos y el desarrollo de la enfermedad como epizootia están influenciados por diversos factores, tales como la temperatura y la humedad relativa, que establecen condiciones óptimas para la germinación, esporulación e infección. Estos factores pueden diferir de los requeridos para el crecimiento de sus hospederos (Fuxa, 1987) y también varían de una especie a otra (Hajek *et al.*, 1990; Hall, 1993), por lo que resulta esencial considerar su interferencia en el desarrollo de hongos entomopatógenos (Ferron, 1978). En la literatura se encuentran reportes de estudios que han evaluado la patogenicidad de hongos entomopatógenos sobre lepidópteros plaga (Rodríguez *et al.*, 2006; García *et al.*, 2011; Malpartida-Zevallos *et al.*, 2013; Han *et al.*, 2014), en los cuales los métodos para su evaluación difieren, incluyendo variaciones en el método de inoculación, el estadio a tratar y la dosis aplicada, por mencionar algunos.

En este trabajo se evaluó la patogenicidad de *B. bassiana* sobre larvas de *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni*. Los resultados obtenidos mostraron mortalidades entre el 3% y el 70,1 %, lo que indica sensibilidad de estos lepidópteros a los hongos evaluados. Wraight *et al.* (2010) realizaron un amplio estudio utilizando 43 aislados de *B. bassiana* para evaluar su virulencia sobre larvas de segundo estadio de *Ostrinia nubilalis*, *Pieris rapae*, *Helicoverpa zea*, *Spodoptera exigua*, *Agrotis ipsilon*, *Plutella xylostella*, *Spodoptera frugiperda* y *Trichoplusia ni*, reportando para *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni* mortalidades de hasta el 98%.

En otros estudios con *B. bassiana*, Rodríguez *et al.* (2006) reportaron hasta 60% de mortalidad en huevos de *Tuta absoluta* utilizando una concentración de 10^8 conidios, mientras que García *et al.* (2011) reportaron mortalidades de hasta 96,6 % para *S. frugiperda* a una concentración de 10^9 conidios. En otra investigación, Malpartida-Zevallos *et al.* (2013) evaluaron la patogenicidad de *B. bassiana* sobre larvas de *Dione juno*, observando que, al aumentar la concentración del inóculo, se obtuvo un mayor porcentaje de mortalidad, alcanzando hasta el 84 % con una concentración de 10^8 conidios. Otros trabajos han reportado resultados similares en laboratorio; por ejemplo, Solís-Soto *et al.* (2006), a $2,40 \times 10^8$



Figura 4. Larvas de lepidópteros tratadas con aislados nativos de *B. bassiana*. 1.2.3 a: larvas sanas (control); 1.2.3 b: larvas muertas; 1.2.3 c: larvas cubiertas completamente por micelio.

En el análisis comparativo final de la mortalidad promedio de los lepidópteros, al agrupar los hongos evaluados por su origen, no se detectaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre

los aislados nativos, la cepa y los formulados en su capacidad para inducir la mortalidad en larvas de *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni*. La mortalidad promedio de los lepidópteros, cuando el inóculo provino de

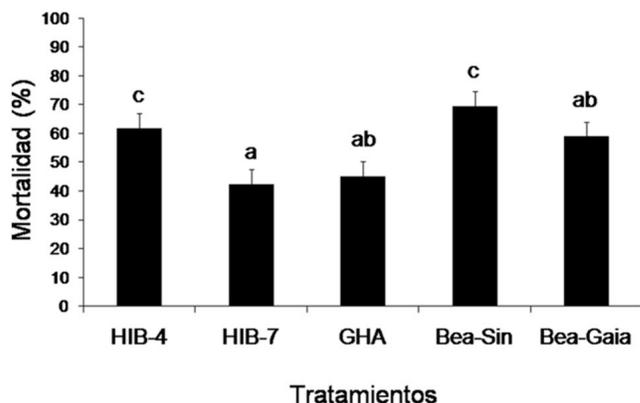


Figura 5. Comparativo de la mortalidad promedio de *H. zea*, *S. exigua* y *T. ni* por conidios de *Beauveria bassiana* a partir de tres distintas fuentes de inoculo. Cepa: GHA; Formulados: Bea-Sin, Bea-Gaia; Aislados nativos: HIB-4, HIB-7.

conidios mL⁻¹, reportaron mortalidades del 93% en larvas de *Cydia pomonella*.

En el presente estudio, las mortalidades obtenidas fueron inferiores al 80%; sin embargo, en el caso de los aislados nativos, todas las larvas muertas presentaron signos de esporulación. Los niveles altos de mortalidad en un ensayo se consideran relevantes, ya que minimizan el número de individuos postratamiento. Por otro lado, la presencia de esporulación sobre los cadáveres resulta esencial, ya que puede contribuir a la diseminación de propágulos viables mediante agua, viento o animales, lo cual está relacionado con reinfecciones (Gottwald y Tedders, 1984).

En este estudio se utilizaron dos formulados comerciales de *B. bassiana* y la cepa GHA, ingrediente activo del formulado Mycotrol®; sin embargo, las mortalidades reportadas en los tres lepidópteros fueron inferiores al 70%, que correspondió a la mortalidad más alta registrada entre los hongos evaluados. Este resultado coincide con lo reportado por García-Gutiérrez *et al.* (2004), quienes informaron 63% de mortalidad en larvas de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) con el formulado Mycotrol®.

Por otra parte, de Faria y Wraight (2007) indican que la mayoría de los micoinsecticidas desarrollados y distribuidos comercialmente en el mundo se basan en propágulos de *B. bassiana*, aunque mencionan que, si bien atacan varios órdenes de insectos, no todos son igualmente efectivos en diferentes familias, pues su efectividad puede estar restringida a una o dos familias por orden. En el caso de los dos productos utilizados, según las especificaciones de los fabricantes, se consideran mayormente activos contra coleópteros de las familias

Curculionidae y Scarabaeidae, y para hemípteros de la familia Aleyrodidae en el caso de Bea-Sin®, lo cual podría explicar las bajas mortalidades obtenidas.

Por otro lado, en la comparación de la mortalidad de los lepidópteros ensayados por acción de los aislados nativos, la cepa GHA y los formulados, no se encontró diferencia significativa; es decir, sería prácticamente equivalente aplicar los aislados, la cepa o los formulados para inducir mortalidad en estos insectos, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Butt y Goettel (2000) mencionan que la medición de la eficacia de un agente patógeno contra un insecto hospedero depende de diversos factores. No todos los insectos tratados con un hongo sucumben a la infección; factores como la dosis empleada en los bioensayos, los sitios vulnerables en la cutícula del insecto, la etapa de desarrollo en que se aplica, y los efectos de la dieta del insecto pueden incidir en la virulencia. Los efectos subletales de los hongos entomopatógenos no han sido estudiados suficientemente. Por lo general, se presume que los insectos que no sucumben a la infección se recuperan sin ningún costo; sin embargo, esto no es necesariamente cierto. Por ejemplo, Fargues *et al.* (1991) demostraron que la fecundidad de *Leptinotarsa decemlineata* fue considerablemente menor en los escarabajos que sobrevivieron al tratamiento, en comparación con aquellos que no fueron tratados.

En años recientes, se ha evidenciado que, una vez que el hongo ingresa a la cutícula del insecto, afecta las reservas de grasa, lo que induce la falta de insumos energéticos e influye directamente en la muda, reflejándose en una prolongación de las etapas larvaria y pupal. Estos efectos se han documentado

principalmente en lepidópteros (Henn y Solter, 2000; Hussain *et al.*, 2009; Gandarilla-Pacheco *et al.*, 2015).

Muchos atributos de un patógeno resultan importantes en la determinación de su competencia ecológica. Existe una amplia variabilidad de tolerancia entre los aislados fúngicos a factores ambientales, tales como la luz solar (Fargues *et al.*, 1996) y la temperatura (Fargues *et al.*, 1997a,b), así como atributos bióticos como la velocidad de germinación (Papierok y Wilding, 1981) y la capacidad de esporular en el cadáver del huésped (Hall, 1984). Además de la virulencia, estos aspectos deben considerarse al determinar la eficacia de un aislado para su desarrollo como agente de control microbiano.

Conclusiones

Para todos los lepidópteros analizados, los aislados HIB-4 e HIB-7 mostraron rangos de mortalidad entre 42,3% y 70,1%, alcanzando el valor máximo en *H. zea*. En el caso de la cepa GHA, se registró una mortalidad máxima del 45% sobre *T. ni* y *S. exigua*. Finalmente, entre los formulados, el que causó una mayor mortalidad fue el denominado Bea-Gaia, con un 59% sobre larvas de *S. exigua* y *T. ni*. Estos resultados evidencian la factibilidad de utilizar *B. bassiana* en un esquema de manejo integrado para el control de estos lepidópteros en su estadio larvario.

REFERENCIAS

- Butt T, Goettel M (2000) Bioassays of Entomogenous Fungi. In Navon A, Ascher KRS (eds) *Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes*. CAB International, RU. pp 140-195. <https://doi.org/10.1079/9780851994222.0141>.
- Capinera JL (2020) Featured Creatures. Cabbage Looper. *Trichoplusia ni* (Hubner) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae) EENY-116 IN273, 10 1'999". EDIS 2002 (7). Gainesville, Florida, EE.UU. <https://doi.org/10.32473/edis-in273-1999>.
- Culin J (2024) Lepidopteran. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/animal/lepidopteran>
- Data México (2022) Hortalizas, Plantas, Raíces y Tubérculos Alimenticios. Secretaría de Economía, México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/vegetables-roots-and-tubers>.
- de Faria M, Wraight S (2007) Myco-insecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control* 43: 237-256. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001>.
- Douglas Inglis G, Enkerli J, Goettel MS (2012) Laboratory techniques used for entomopathogenic fungi: Hypocreales. In Lacey LA, (eds) *Manual of Techniques in Insect Pathology*.

- Academic Press, San Diego, California, EE.UU. pp. 189-253.
- Fuxa JR (1987) Ecological considerations for the use of entomopathogens in IMP. *Annual Review Entomology* 32: 225-251. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.32.010187.001301>.
- Ferron P (1978) Biological control of insect pests by entomopogenous fungi. *Annual Review Entomology* 23: 409-442. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.23.010178.002205>.
- Fargues J, Delmas J, Augé J, Lebrun R (1991) Fecundity and egg fertility in the adult Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) surviving larval infection by the fungus *Beauveria bassiana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 61: 45-51. <https://doi.org/10.1007/BF00367167>.
- Fargues J, Goettel M, Smits N, Ouedraogo A, Vidal C, Lacey L, Lomer C, Rougier M (1996) Variability in susceptibility to simulated sunlight of conidia among isolates of entomopathogenic Hyphomycetes. *Mycopathologia* 135: 171-181. <https://doi.org/10.1007/BF00632339>.
- Fargues J, Goettel M, Smits N, Ouedraogo A, Rougier M (1997a) Effect of temperature on vegetative growth of *Beauveria bassiana* isolates from different origins. *Mycologia* 89: 383-392. <https://doi.org/10.1080/00275514.1997.12026797>.
- Fargues J, Ouedraogo A, Goettel M, Lomer C (1997b) Effects of temperature, humidity and inoculation method on susceptibility of *Schistocerca gregaria* to *Metarhizium flavoviride*. *Biocontrol Science Technology* 7: 345-356. <https://doi.org/10.1080/09583159730758>.
- Gandarilla-Pacheco FL, Galán-Wong LJ, López-Arroyo JI, Rodríguez-Guerra R, Quintero-Zapata I (2013a) Optimization of Pathogenicity Tests for Selection of Native Isolates of Entomopathogenic Fungi Isolated from Citrusgrowing Areas of México on Adults of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Florida Entomologist* 96: 187-195. <https://doi.org/10.1653/024.096.0125>.
- Gandarilla-Pacheco FL, López-Arroyo JI, Galán-Wong LJ, Quintero-Zapata I (2013b) Pathogenicity of Native Entomopathogenic Fungi from the Mexican citrus-growing area against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Southwestern Entomologist* 38: 325-338. <https://doi.org/10.3958/059.038.0215>.
- Gandarilla-Pacheco FL, Flores-González MS, Morales-Ramos LH, Elías-Santos M, Galán-Wong LJ, Quintero-Zapata I (2015) Effect of Native Mexican Isolates of *Isaria fumosorosea* (Wize) Brown & Smith on *Spodoptera exigua* (Hübner) and *Helicoverpa zea* (Boddie). *Southwestern Entomologist* 40: 721-729. <https://doi.org/10.3958/059.040.0411>.
- García-Gutiérrez C, González-Maldonado M, Medrano-Roldán H, Chairaz-Hernández I (2004) Evaluation of the BbPI strain of *Beauveria bassiana*, Mycotrol®, Meta-Sin® and Azinphos-methyl against *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) in the laboratory and field. *Folia Entomológica Mexicana* 43: 1-7. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42445210>.
- García C, González, M, Bautista N (2011) Patogenicidad de aislamientos de hongos entomopatógenos contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Revista Colombiana de Entomología* 37: 217-222. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v37n2/v37n2a08.pdf>.
- Gottwald T, Tedders W (1984) Colonization transmission and longevity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hypomycetes) on pecan weevil larvae (Coleoptera: Curculionidae) in the soil. *Environmental Entomology* 13: 557-560. <https://doi.org/10.1093/ee/13.2.557>.
- Hall R (1984) Epizootic potential for aphids of different isolates of the fungus, *Verticillium lecanii*. *Entomophaga* 29: 311-321. <https://doi.org/10.1007/BF02372119>.
- Hajek A, Carruthers R, Soper R (1990) Temperature and moisture relations of sporulation and germination by *Entomophaga maimaiga* (Zygomycetes: Entomophthoraceae), a fungal pathogen of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Limantriidae). *Environmental Entomology* 19: 85-90. <https://doi.org/10.1093/ee/19.1.85>.
- Han JH, Jin BR, Kim, JJ, Lee SY (2014) Virulence of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* for the microbial control of *Spodoptera exigua*. *Mycobiology* 42: 385-390. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2014.42.4.385>.
- Hall R (1993) The use of pathogens to control whiteflies in Europe and the Tropics: Possibilities for integrated control. In Rojas A, Valle N, Varela, G. (eds) *II Taller Latinoamericano y del Caribe sobre moscas blancas y geminivirus*. CATIE EAP, Managua, Nicaragua.
- Henn MW, Solter LF (2000) Food utilization values of gypsy moth *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvae infected with the microsporidium *Vairimorpha* sp. (Microsporidia: Burenellidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 76: 263-269. <https://doi.org/10.1006/jipa.2000.4977>.
- Hussain A, Tian M, He Y, Ahmed S (2009) Entomopathogenic fungi disturbed the larval growth and feeding performance of *Ocinara varians* (Lepidoptera: Bombycidae) larvae. *Insect Science* 16: 511-517. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2009.01272.x>.
- Loera-Gallardo J, López-Arroyo J, Reyes-Rosas M (2008) Complejo *Heliothis virescens* y *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). In Arredondo-Bernal H, Rodríguez del Bosque L (eds) *Casos de control biológico en México*, Mundi-Prensa, México. 20 pp.
- Malpartida-Zevallos J, Narrea-Cango M, Dale-Larraburre W (2013) Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada* 12: 75-81.
- Pacheco-Hernández ML, Reséndiz-Martínez JF, Arriola-Padilla VJ (2019) Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10: 4-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>.
- Papierok B, Wilding N (1981) Etude du comportement de plusieurs souches de *Conidiobolus obscurus* (Zygomycetes Entomophthoraceae) vis-à-vis des pucerons *Acyrtosiphon pisum* et *Sitobion avenae* (Hom. Aphididae). *Entomophaga* 26: 241-249. <https://doi.org/10.1007/BF02371874>.
- Qureshi JA, Stansly PA (2009) Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological Control* 50: 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.04.001>.
- Ribas-Marqués E, Díaz-Calafat J, Boi M (2022) The role of adult noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae) and their food plants in a nocturnal pollen-transport network on a Mediterranean island. *Journal of Insect Conservation* 26: 243-255. <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00382-7>.
- Rodríguez M, Gerding M, France A (2006) Selección de aislamientos de hongos entomopatógenos para el control de huevos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultura Técnica* 66: 151-158. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072006000200005>.
- Solis-Soto A, García-Gutiérrez C, González-Maldonado M, Medrano-Roldán H, Galán-Wong L (2006) Toxicidad de blastosporas de *Beauveria bassiana* contra la palomilla del manzano *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Folia Entomológica Mexicana* 45: 195-200. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42445210>.
- Wright SP, Ramos ME, Avery PB, Jaronski ST, Vandenberg JD (2010) Comparative virulence of *Beauveria bassiana* isolates against lepidopteran pests of vegetable crops. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: 186-199. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.01.001>.

COMPARATIVE STUDY OF THE PATHOGENICITY OF *Beauveria bassiana* ON ECONOMICALLY IMPORTANT LEPIDOPTERAN LARVAE

Fátima Lizeth Gandarilla-Pacheco, Isela Quintero-Zapata, Hugo A. Luna-Olvera, Jairo Hernán Alfaro-Álvarez, Eugenia G. Ortiz-Lechuga, José Luis Zacarías-Hernández and Myriam Elías-Santos

SUMMARY

Lepidopterans constitute a problem in agriculture due to their polyphagy and wide distribution; however, the use of pesticides to control them promotes the development of resistance. In this analysis, the pathogenicity of two isolates (HIB-4, HIB-7), a reference strain (GHA), and two commercial formulations of Beauveria bassiana (Bea-Sin, Bea-Gaia) was determined and compared, using the immersion method, for the management of Helicoverpa zea, Spodoptera exigua, and Trichoplusia ni. Laboratory bioassays were conducted using neonate larvae reared in multi-well cell culture plates containing Shorey artificial diet. The lepidopteran larvae were immersed in B. bassiana conidial suspensions ($1 \times 10^8 \text{mL}^{-1}$), and subsequently incubated

at $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ RH, and a 14:10h light:dark photoperiod. Isolate HIB-4 recorded the highest mortality, with 70,1% in H. zea larvae, while the lowest mortality was associated with the commercial formulation Bea-Sin in the same species, causing 32,6%. In the mortality comparison, no significant differences were detected among the native isolates, the reference strain, and the commercial formulations in their ability to induce mortality in H. zea, S. exigua, and T. ni larvae. Based on the results obtained, it was concluded that the application of a native B. bassiana isolate, a reference strain, or a commercial formulation produced similar mortality levels in the lepidopterans evaluated.

ESTUDO COMPARATIVO DA PATOGENICIDADE DE *Beauveria bassiana* SOBRE LARVA DE LEPIDOPTERA DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Fátima Lizeth Gandarilla-Pacheco, Isela Quintero-Zapata, Hugo A. Luna-Olvera, Jairo Hernán Alfaro-Álvarez, Eugenia G. Ortiz-Lechuga, José Luis Zacarías-Hernández e Myriam Elías-Santos

RESUMO

Os lepidópteros constituem um problema na agricultura devido à sua polifagia e ampla distribuição; no entanto, o uso de pesticidas para seu controle favorece o desenvolvimento de resistências. Neste estudo, determinou-se e comparou-se, pelo método de imersão, a patogenicidade de dois isolados (HIB-4, HIB-7), uma cepa de coleção (GHA) e duas formulações comerciais de Beauveria bassiana (Bea-Sin, Bea-Gaia) para o manejo de Helicoverpa zea, Spodoptera exigua e Trichoplusia ni. Ensaios laboratoriais foram realizados utilizando larvas neonatas criadas em placas de cultivo celular com dieta artificial de Shorey. As larvas foram imersas em suspensões de conídios de B. bassiana ($1 \times 10^8 \text{mL}^{-1}$), sendo posteriormente incubadas a $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ UR e fotoperíodo de 14:10 h (luz:escuro). O isolado HIB-4 apresentou a maior mortalidade, com 70,1% em larvas de H. zea, enquanto a menor mortalidade foi associada à formulação comercial Bea-Sin na mesma espécie, causando 32,6%. Na comparação de mortalidade, não foram detectadas diferenças significativas entre os isolados nativos, a cepa de coleção e as formulações comerciais quanto à capacidade de induzir mortalidade em larvas de H. zea, S. exigua e T. ni. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a aplicação de um isolado nativo de B. bassiana, uma cepa de coleção ou uma formulação comercial produziu níveis semelhantes de mortalidade nos lepidópteros avaliados.

at $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ UR e fotoperíodo de 14:10 h (luz:escuro). O isolado HIB-4 apresentou a maior mortalidade, com 70,1% em larvas de H. zea, enquanto a menor mortalidade foi associada à formulação comercial Bea-Sin na mesma espécie, causando 32,6%. Na comparação de mortalidade, não foram detectadas diferenças significativas entre os isolados nativos, a cepa de coleção e as formulações comerciais quanto à capacidade de induzir mortalidade em larvas de H. zea, S. exigua e T. ni. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a aplicação de um isolado nativo de B. bassiana, uma cepa de coleção ou uma formulação comercial produziu níveis semelhantes de mortalidade nos lepidópteros avaliados.