

Artículo

Eficacia de *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis* var kurstaki, en el control de *Hylesia metabus* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Saturniidae) “Palometa Peluda”, en la región nororiental de Venezuela

Efficacy of *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis* var kurstaki on the control of *Hylesia metabus* Cramer (Lepidoptera: Saturniidae) “Palometa Peluda” in north-eastern region of Venezuela

urn:lsid:zoobank.org:pub:9F7E7BB3-6A46-401D-B1A9-C4FE72F7C8D

Blas Dorta ^{1, 2} , José Vicente Hernández E ³ , Gabriela Jiménez ⁴, Brenda Salazar ^{1, 2} , Fabiola Pinto ^{1, 2} , Cruz Salazar ² , Bethina Vargas ² , Guillermo Velazco ² , Francisco Tineo ⁵ , Pablo Arias ⁵

¹ Laboratorio de Procesos Fermentativos, Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela. ² Agrobiotechs, C.A. RIF: J412507320. Caracas 1050-Venezuela. ³ Laboratorio de Ecología Química del Comportamiento, Biología de Organismos, Universidad Simón Bolívar, Caracas 1080A-Venezuela. ⁴ Ministerio de Ciencia y Tecnología, República Bolivariana de Venezuela. ⁵ Ministerio del Poder Popular para la Salud, Dirección de Salud Ambiental, Carípano 6150 estado Sucre, Venezuela. E-mails: bdorta@gmail.com*, jnandez@usb.ve, gabrielajr@gmail.com, brendawendimar@gmail.com, pintopowerfabiola@gmail.com, crux.salazar@gmail.com, bethina.vargas@gmail.com, gvelazco@agrobiotechs.com, francisco.ftts.sanchez@gmail.com, pabloarias.215@gmail.com

Resumen

Hylesia metabus (palometa peluda) es una plaga de importancia en salud pública en Venezuela. Las hembras adultas son atraídas por el alumbrado público y residencial desde su hábitat natural, y al revolotear alrededor de las luces liberan millones de setas urticantes que producen dermatitis en las poblaciones humanas expuestas. En Venezuela, el control de las larvas de este insecto se ha realizado con bioinsecticidas comerciales importados a base de *Bacillus thuringiensis* var kurstaki (Btk) y con agua jabonosa. En este trabajo se evalúa la efectividad de los bioinsecticidas de producción nacional Beauver® y Deltabac®, a base de *B. bassiana* y de Btk respectivamente, sobre larvas de *H. metabus* de diferentes instares, tanto en el laboratorio como en el campo para determinar su efectividad en condiciones naturales. Los resultados indican que Beauver® y Deltabac® son altamente efectivos en el control de *H. metabus*. Los hallazgos aquí encontrados se discuten en función de la efectividad de los productos en el control de esta importante plaga de salud pública.

Palabras clave: biocontrol, entomopatógenos, lepidopterismo, salud pública

Abstract

Hylesia metabus (hairy moth), is a public health pest of importance in Venezuela. Adult females are attracted to public and residential lighting from their natural habitat, and as they flutter around the lights, they release millions of stinging setae that cause dermatitis in exposed human populations. In Venezuela, the control of the larvae of this insect has been carried out with imported commercial bioinsecticides based on *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Btk) and soapy water. This study evaluated the effectiveness of the domestically produced bioinsecticides Beauver® and Deltabac®, based on *B. bassiana* and Btk, respectively, on *H. metabus* larvae of different instars, both in the laboratory and in the field to determine their effectiveness under natural conditions. The results indicate that Beauver® and Deltabac® are highly effective in controlling *H. metabus*. The findings here are discussed in terms of the products' effectiveness in controlling this important public health pest.

Keywords: biocontrol, entomopathogens, lepidopterism, public health

Recibido: 05-IV-2025, Revisado: 20/VI/2025, Aceptado: 23-VIII-2025

DORTA B, HERNÁNDEZ EJV, JIMÉNEZ G, PINTO F, SALAZAR B, VELAZCO G, TINEO F, ARIAS P. 2025. Eficacia de *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis* var kurstaki, en el control de *Hylesia metabus* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Saturniidae) “Palometa Peluda”, en la región nororiental de Venezuela. ENTOMOTROPICA, 40: 47-61.

on line Octubre-2025

Introducción

El género *Hylesia* Hübner, 1820, se encuentra restringido a la región Neotropical, distribuido desde México hasta Argentina y representado por aproximadamente 110 especies (Lemaire 2002), algunas de las cuales se han reportado causando erucismo y lepidopterismo en diversos países de la región como México, Venezuela, Surinam, Guayana Francesa, Guyana, Perú, Brasil y Argentina; sin embargo, las manifestaciones más severas de explosiones poblacionales de *Hylesia* sobre poblaciones humanas afectadas por erucismo y lepidopterismo han sido reportadas en Centro y Sur América (Fornés y Hernández 2000, Lemaire 2002, Willat *et al.* 2003, Salomon *et al.* 2005, Iserhard *et al.* 2007). La afección a los seres humanos ocurre principalmente cuando los adultos de *Hylesia* son atraídos al alumbrado público o a la iluminación de las viviendas ubicadas en las cercanías de su hábitat natural (manglar). Estos, al volar alrededor de las luces liberan millones de setas o escamas urticantes, tal como ha sido reportado para *Hylesia metabus* (Cramer, 1775) (Vásquez *et al.* 1984, Vásquez 1990, Fornés y Hernández 2000). Es así como las explosiones poblacionales y la invasión de los pueblos en los países más afectados han sido problemas recurrentes en la región; tal es el caso de la Guayana Francesa donde en el año 2012 se cumplieron 100 años de invasiones recurrentes de *H. metabus*, siendo reconocido el lepidopterismo como un problema de salud pública centenario (Jordain *et al.* 2012). En Venezuela existen reportes de explosiones poblacionales de *H. metabus* desde el año 1937 (Fornés y Hernández 2001). Más recientemente, en los años 2004-2005, 2010-2011 y 2020-2023 se han presentado explosiones poblacionales en los estados históricamente afectados, Sucre, Monagas y Delta Amacuro. De igual forma, en Argentina la especie *Hylesia nigricans* (Berg, 1875) es

reconocida como un problema para la agricultura y la salud pública (Salomon *et al.* 2005, Cabrerizo *et al.* 2014). En el control de adultos de *H. metabus* han sido utilizadas trampas de luz combinadas con el uso de insecticidas tradicionales como deltametrinas o piretroides (Vassal 1989, Glasser *et al.* 1993) algunos de ellos ya desechados por su impacto ambiental, en especial sobre la fauna acuática (Vassal 1989, Jourdain *et al.* 2012). Así mismo han sido empleados bioinsecticidas formulados con *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki (Btk), serotipo H3a3b y *B. thuringiensis* var. israelensis (Bti), serotipo H14 (Vassal 1989; Vassal *et al.* 1993), también usados en el control de lepidópteros defoliadores de hortalizas, frutos y especies forestales (Van Frankenhuyzen 1990, Bauce *et al.* 2004, Salomon *et al.* 2005). No obstante, en el caso de Guayana Francesa, la regulación de la Unión Europea Número 18 para el uso de bioinsecticidas no permite el empleo de Bti en este país (Jourdain *et al.* 2012). En Venezuela los costos y eficacia de Btk como alternativa de control han sido reportados por Osborn (2002) y Osborn *et al.* (2005). Sin embargo, Clavijo *et al.* (2007) y Arias *et al.* (2007) han hecho referencia a los efectos perjudiciales de las aplicaciones de Btk sobre la diversidad de otras familias de lepidópteros como Sphingidae y Nymphalidae respectivamente. Los bioinsecticidas a base de Btk que han sido usados en Venezuela para el control de *H. metabus* corresponden a las formulaciones comerciales importadas Dipel 8® y Javelyn® WG (Osborn *et al.* 2005). No obstante, en la búsqueda de agentes biológicos alternativos para el control de *H. metabus*, Gajardo *et al.* (2012a) aislaron, a partir de muestras de larvas muertas y suelos recolectadas en el golfo de Paria, estado Sucre, bacterias esporuladas Gram+ que expresan la proteína Cry1 con actividad biológica contra lepidópteros, con potencial para ser usada en el control de *H.*

metabus. Adicionalmente, Gajardo *et al.* (2012b) realizaron el primer reporte de un hongo entomopatógeno, identificado como *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli, 1835), asociado a larvas y pupas de *Hylesia metabus* en una epizootia observada en los manglares de la localidad de Caño Ajies en el golfo de Paria. Los aislados obtenidos por Gajardo *et al.* (2012a y 2012b) se encuentran depositados en el Centro Venezolano de Colecciones de Microorganismos (CVCM), Caracas Venezuela. Con motivo de la explosión poblacional de *H. metabus* ocurrida en la región nororiental de Venezuela a finales del año 2020, principios de 2021, el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología, MINCYT y el Ministerio del Poder Popular para la Salud, MPPS crearon el Programa de Vigilancia y Control de *H. metabus*, con el propósito de poner en práctica diversas estrategias de manejo de esta plaga, todas ellas basadas en conocimientos adquiridos a través del Proyecto Reto *H. metabus* patrocinado por el MINCYT (Hernández *et al.* 2012). Entre estas estrategias destaca el desarrollo, producción y aplicación a gran escala de biocontroladores basados en microorganismos autóctonos, patógenos de *H. metabus*, aislados en el marco del citado Proyecto Reto. Es así como en el presente trabajo se describe el desarrollo de dos productos comerciales: Beauver® y Deltabac®, formulados con esporas de *B. bassiana* y el complejo esporacristal de Btk respectivamente, ambos dirigidos al control biológico de esta importante plaga de salud pública.

Materiales y Métodos

Beauveria bassiana

El hongo *B. bassiana*, cepa CVCM-CA1 empleado como agente activo del bioinsecticida Beauver® fue suministrado por el Nodo

LPFIBE del Centro Venezolano de Colecciones de Microorganismos (CVCM). Este hongo fue aislado de larvas muertas y momificadas de *H. metabus*, recolectadas en la localidad de Caño Ajies (lat 10°27'44,5" N, long 63°03'29,4" W) del golfo de Paria, estado Sucre, Venezuela, durante el desarrollo de una epizootia natural. El aislado fue identificado microbiológicamente y molecularmente (Gajardo *et al.* 2012b). Esta cepa es mantenida mediante liofilización, y alternativamente a través de cultivos esporulados, desarrollados en cuñas de Agar Dextrosa Papa, Difco.

Bacillus thuringiensis var kurstaki (Btk)

La cepa de Btk serotipo H3a3b empleada en la formulación del bioinsecticida Deltabac®, fue suministrada por el CVCM, bajo la denominación CVCM1819. Esta cepa es mantenida mediante liofilización, y alternativamente a través de subcultivos desarrollados en cuñas de Agar Nutritivo, Difco.

Producción de esporas de *B. bassiana* y formulación del bioinsecticida Beauver®

La producción de esporas del hongo *B. bassiana*, cepa CVCM-CA1 y la formulación del bioinsecticida Beauver®, fueron llevadas a cabo por la empresa Agrobiotechs C.A. con sede en el Instituto de Biología Experimental, UCV, mediante fermentación en estado sólido de subproductos agroindustriales incluidos en la categoría de las harinas y los afrechos, de muy bajo costo y alta disponibilidad en el país, siguiendo la metodología desarrollada por Dorta *et al.* (1990) para el crecimiento y esporulación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. Los cultivos en estado sólido de *B. bassiana* eran iniciados con inóculos constituidos por una mezcla de micelio y blastosporas, obtenidos mediante fermentación sumergida aerobia de

este hongo en medio de cultivo formulado con subproductos agroindustriales (melaza de caña de azúcar y agua de maceración de maíz), empleando fermentadores de 20 L operados con volúmenes de trabajo de 14 L con agitación neumática. El medio de cultivo sólido, inoculado con el hongo, era incubado durante 10 días en un cuarto termostatizado a $27\pm1^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa cercana a 85 %. Las esporas producidas eran cosechadas en suspensión acuosa y concentradas por centrifugación continua; luego, la pasta de esporas obtenida era formulada en versión granulada a la concentración de $3,3\times10^9$ esporas viables/g, mediante la adición de almidón de maíz y posterior secado hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 10% en base húmeda.

Producción del complejo espora-cristal de Btk y formulación del bioinsecticida Deltabac®

La producción del complejo espora-cristal de Btk empleado en la formulación del bioinsecticida Deltabac®, fue llevada a cabo por la empresa Agrobiotech, C.A., mediante cultivos sumergidos aerobios, utilizando fermentadores de 20 L operados por lotes, con volúmenes de trabajo de 14 L y agitación neumática. Se utilizó un medio de cultivo formulado con subproductos agroindustriales de muy bajo costo y alta disponibilidad en el país. El complejo espora-cristal producido fue cosechado por microfiltración en una unidad Pellicon Cassett Filter, Durapore 0,42 μm PVDF, EMD Millipore Corporation, Massachusetts, USA y formulado en la versión de polvo mojable a la concentración de 10^9 UFC/g en almidón de maíz, con un contenido de humedad inferior al 10% en base húmeda.

Recolección y mantenimiento de las larvas de *H. metabus*

Las recolecciones de las larvas de *H. metabus*, fueron realizadas en los bosques de mangle ubicados en las inmediaciones de las localidades afectadas por esta plaga, Yaguaraparo, municipio Cajigal, edo. Sucre (lat $10^{\circ}32'39''$ N, long $62^{\circ}48'59''$ W) y Caripito, municipio Bolívar, edo. Monagas (lat $10^{\circ}08'18''$ N, long $63^{\circ}02'42''$ W). Las larvas fueron trasladadas hasta la Unidad de Innovación y Calidad de Agrobiotech, C.A. en Caracas, donde se realizaron los bioensayos de patogenicidad y virulencia, bajo la supervisión del Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral, INSAI. Durante el transporte hasta Caracas, las larvas fueron alimentadas *ad libitum* con hojas de *Rhizophora mangle* L., 1753 (mangle rojo); mientras que para los bioensayos de eficacia se emplearon hojas de *Hura crepitans* L., 1753 (Jabillo).

Bioensayos de eficacia

Se prepararon suspensiones de los bioinsecticidas Beauver® y Deltabac® en agua destilada estéril, conteniendo respectivamente $0,33\times10^8$ y 10^7 esporas viables/mL. A partir de estas suspensiones se realizaron las diluciones correspondientes a cada tratamiento, tal como se indica en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Concentraciones de esporas de *B. bassiana* en los distintos tratamientos del bioensayo con el bioinsecticida Beauver®.

Tratamiento	Beauver®	Esporas/mL	Esporas/cm ²	esporas/ha
Suspensión madre	$0,33\times10^8$	-	-	-
T1	Dilución 1/1 000	$0,33\times10^5$	5×10^2	5×10^{10}
T2	Dilución 1/500	$0,66\times10^5$	10^3	10^{11}
T3	Dilución 1/100	$0,33\times10^6$	5×10^3	5×10^{11}
T4	Dilución 1/10	$0,33\times10^7$	5×10^4	5×10^{12}
Control	Agua estéril	-	-	-

Tabla 2. Concentraciones de esporas de *B. thuringiensis* en los distintos tratamientos del bioensayo con el bioinsecticida Deltabac®.

Tratamiento	Esporas/mL*	Esporas/cm ² **	Esporas/ha***
T1	10 ⁶	0,75 x 10 ⁴	7,5 x 10 ¹¹
T2	2x10 ⁶	1,5 x 10 ⁴	1,50 x 10 ¹²
T3	10 ⁷	0,75 x 10 ⁵	0,75 x 10 ¹³
Control	Agua estéril	-	-

(*) Suspensión complejo espora-cristal; (**) Densidad de esporas adheridas a los discos de hojas de *Hura crepitans*; (***) Equivalentes de esporas/ha de bosque de mangle

Descripción de los bioensayos

Previo a la realización de los bioensayos, las larvas fueron alimentadas *ad libitum* con hojas de *H. crepitans*. Las larvas fueron individualizadas en envases de plástico con tapa de rosca de 4 cm de diámetro y 4 cm de alto, previamente desinfectados con hipoclorito de sodio al 3 % y lavados con abundante agua destilada estéril. En cada envase de plástico se introdujo un disco de hoja de *H. crepitans* de 2,9 cm de diámetro, previamente tratado con el respectivo biocontrolador tal como se indica a continuación:

Agregado de Beauver®: sobre cada disco de hojas se roció 0,1 mL de la suspensión de esporas, de acuerdo con el respectivo tratamiento (Tabla 1). Previamente, el rociador fue calibrado realizando aspersiones con agua destilada sobre discos de papel de filtro Whatman N° 1 prepesados, a fin de lograr que por cada evento de aspersión se registrara un incremento de 0,1 g en el peso del papel, en cuyo caso el volumen de líquido agregado correspondía a 0,1 mL. En las aplicaciones de Beauver®, sólo una de las caras de los discos de hojas fue impregnada con el bioinsecticida (6,6 cm²).

Agregado de Deltabac®: se realizó mediante la inmersión de cada disco de hoja de *Hura crepitans* en la correspondiente suspensión del complejo esporas-cristal, acorde con cada tratamiento (Tabla 2). Previamente se comprobó por gravimetría que el volumen de la suspensión retenida en cada disco luego de la inmersión y posterior escurrido del exceso de líquido fue en promedio 0,1 mL. En las aplicaciones de Deltabac®, ambas caras de los discos de hojas fueron impregnadas (13,2 cm²). Despues de la aplicación de cada bioinsecticida con las suspensiones de esporas correspondientes a cada tratamiento o alternativamente con agua destilada estéril en el caso de los controles, cada disco de hoja fue introducido en su respectivo envase. Seguidamente en cada uno se colocó una larva sana de *H. metabus* del tercer instar. Transcurridas 24 horas desde el inicio del ensayo se comenzó a suministrar a las larvas discos de *H. crepitans* frescos (libres de bioinsecticidas) para permitir la alimentación *ad libitum* de las mismas. A partir del momento de inicio de cada ensayo, y por el lapso de 10 días, se contabilizó diariamente el número de larvas muertas en cada tratamiento, incluido los controles y se llevó el registro de la mortalidad acumulada en cada caso.

Diseño experimental: en cada tratamiento, incluidos los controles, se realizaron 5 réplicas de 5 larvas cada una, para un total de 25.

Evaluación de la densidad de larvas en el campo y aplicaciones de Beauver® y Deltabac®

Como parte del Programa de Vigilancia y Control de *H. metabus*, se estableció la rutina de evaluar la densidad de larvas, al inicio y durante el desarrollo de cada ciclo larval, a lo largo de los bordes de los bosques de mangle que limitan con el golfo de Paria y la red de caños que lo circunda. Estas evaluaciones estuvieron a cargo

del equipo de técnicos de la Dirección de Salud Ambiental del MPPS que opera en la Estación Quebrada de la Niña en el municipio Cajigal del estado Sucre. Para ello se realizaron recorridos marítimo-fluviales a lo largo de dichos bordes, donde se establecieron los puntos de evaluación, debidamente georreferenciados (Figura 1). En cada punto se hicieron incursiones al interior del bosque, en dirección perpendicular al borde, a través de transectas de 100 m de largo y 5 m de ancho (500 m²), donde se determinó la presencia de masas de huevos, masas larvales en sus diferentes estadíos, pupas y la cantidad de hospederos (plantas) afectados. Las aplicaciones marítimo fluviales de Beauver® y Deltabac® se realizaron por separado, mediante aspersiones desde los bordes del manglar con una penetración aproximada de 50 m hacia el interior del bosque. Para ello se empleó una embarcación equipada con un tanque de 1 000 litros conteniendo la suspensión del producto a ser aplicado, acoplado a una moto-bomba y 4 aspersores montados sobre un mástil de 12 m de alto. Cada ronda de aplicaciones era realizada con la embarcación en marcha en dirección paralela al borde del manglar, a una velocidad promedio de 8 Km/h; ello permitía la descarga de 50 L/ha de los productos Beauver® o alternativamente Deltabac®, preparados a las concentraciones de 3 y 1,5 g/L respectivamente y el agregado del adherente Surfatrón® a razón de 30 mL/L, cubriendo en cada caso una superficie de 20 hectáreas. Las aplicaciones aéreas de Deltabac® se hicieron empleando una aeronave Thrush Commander con volúmenes de trabajo de 1 000 L por cada ciclo de vuelo, a razón de 1,5 Kg del biocontrolador + 3 L de Surfatron® por ciclo, siendo la superficie de bosque tratada de 20 hectáreas.

Evaluación de la densidad de adultos en fase de vuelo.

Esta fue determinada en las horas nocturnas empleando estaciones de captura (trampas de luz), equipadas con 4 reflectores Metal Halide de 400 W y una lámpara de luz mixta de 250 W, 220 V, 60 Hz; así como a través de la aplicación de agua jabonosa en los postes de alumbrado público, con el propósito de derribar los adultos en vuelo para poder cuantificarlos (Figura 3). Tanto en las trampas de luz, como en los postes de alumbrado los ejemplares capturados y/o derribados fueron recogidos y mantenidos en bolsas de polietileno debidamente cerradas para ser pesados en su totalidad. Seguidamente se tomó una submuestra de adultos en cada caso y se determinó la relación $R = N^o \text{ adultos} / \text{peso total}$ con la cual, conociendo el peso de los individuos capturados se estimó su número.

Análisis estadísticos.

Los datos experimentales fueron sometidos a análisis de la varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey, usando el programa R-project 3.3.3 (2007).



Figura 1. Evaluaciones poblacionales de *H. metabus* realizadas en el Golfo de Paria y sus ramificaciones, antes y después de realizadas las aplicaciones marítimo-fluviales de Deltabac®.

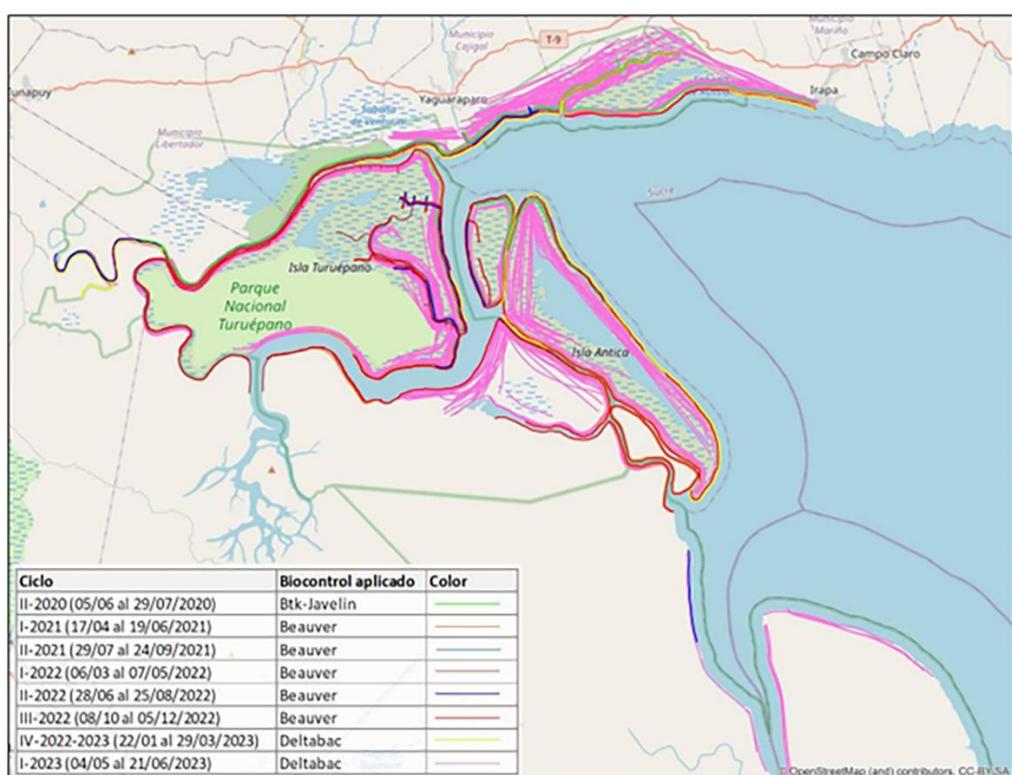


Figura 2. Áreas donde fueron aplicados los bioinsecticidas Beauver® y Deltabac® en el Golfo de Paria y sus ramificaciones. Los datos correspondientes a las aplicaciones de los productos Btk y Javelin (anteriores al presente estudio) fueron suministrados por la Dirección de Salud Ambiental del estado Sucre.

Resultados y Discusión

Las explosiones poblacionales de *H. metabus* son un problema de salud pública recurrente en los estados del oriente venezolano: Sucre, Monagas y Delta Amacuro. Durante la fase de vuelo del IV Ciclo a finales de 2020 y principios de 2021 se registró un aumento poblacional desproporcionado de esta plaga en el estado Sucre, lo que obligó a poner en práctica, de manera accidentada, algunas estrategias basadas en la instalación y funcionamiento de dos estaciones de atracción y captura de adultos, ubicadas en las inmediaciones del Puerto de Yaguaraparo, municipio Cajigal, con las que se logró la eliminación de una cantidad importante de ejemplares. Así mismo se desplegaron cuadrillas conformadas con personal multidisciplinario pertenecientes a la Dirección de Salud Ambiental del estado Sucre, que recorrieron en horario nocturno todos los circuitos de alumbrado público de los municipios afectados (Mariño, Cajigal, Benítez, Bolívar, Andrés Mata, etc.), donde procedieron a la eliminación de adultos mediante la aspersión de agua jabonosa. La labor realizada permitió estimar la eliminación de aproximadamente 264 millones de palometas. Esta contingencia, sumado a las limitaciones existentes en el país para importar bioinsecticidas comerciales como los usados en el pasado, generó la necesidad, por parte del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología (MINCYT) y del Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), de programar acciones permanentes de vigilancia y control de *H. metabus*, para lo cual se creó, por decreto presidencial, la comisión interministerial correspondiente (Gaceta Oficial N° 42.127 de fecha 14-05-2021). Entre las decisiones tomadas en ese momento destaca la puesta en práctica de acciones derivadas del estudio multidisciplinario de la Palometa Peluda (Hernández *et al.* 2012), realizado entre los años 2005 y 2012 en el marco del Proyecto Reto *H. metabus*, financiado por el MINCYT. Es así

como surgió la necesidad de desarrollar en el país biocontroladores de esta plaga, formulados con microorganismos entomopatógenos previamente aislados de larvas muertas de *H. metabus* en las zonas afectadas (Gajardo *et. al.* 2012a, 2012b), los cuales permanecen depositados en el CVCM.

Desarrollo del bioinsecticida Beauver®

El hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* cepa CVCM-CA1, el cual había sido aislado en el Golfo de Paria, durante la ejecución del citado proyecto (Gajardo *et al.* 2012b), fue masificado por Agrobiotechs C.A. y formulado en la versión polvo mojable bajo la denominación Beauver®. Seguidamente, y con el objeto de demostrar la eficacia de este bioinsecticida frente a larvas de *H. metabus*, se realizaron los correspondientes bioensayos de laboratorio supervisados por el INSAI, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3. El análisis de la varianza sobre el efecto tratamiento vs réplicas arrojó diferencias estadísticamente significativas ($p<0,001$), lo que indica buen ajuste de los datos y robustez del análisis (Tabla 4). Por otra parte, la Tabla 3 muestra los valores de mortalidad corregidos usando la fórmula de Abbott (1925), así como los valores por réplica y los promedios. El bioensayo realizado demostró que el bioinsecticida Beauver® es altamente eficaz para matar larvas de *H. metabus* del tercer instar, cuando es aplicado a las concentraciones de esporas (equivalentes por hectárea) de 5×10^{10} , 10^{11} , 5×10^{11} y 5×10^{12} , con valores de mortalidad de 91, 84, 80 y 87 % respectivamente, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos y el control, pero no entre los diferentes tratamientos evaluados (Tabla 5). Estos resultados hicieron posible el otorgamiento por parte del INSAI del certificado N° 2021PN02III0317988, que identifica al bioinsecticida Beauver® como el primer producto biológico producido y registrado en

Venezuela para el control de una plaga de importancia en salud pública.

Tabla 3. Valores de mortalidad (%) de larvas de *H. metabus* por efecto del bioinsecticida Beauver®, a base del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, a las concentraciones de esporas equivalentes por hectárea de: T1=5x10¹⁰, T2=10¹¹, T3=5x10¹¹, T4=5x10¹². Valores corregidos, usando la fórmula de Abbott (1925).

	T1	T2	T3	T4	T5 (Control)
R1	100,00	80,00	100,00	100,00	0,00
R2	100,00	80,00	80,00	100,00	0,00
R3	75,00	100,00	100,00	75,00	20,00
R4	80,00	80,00	60,00	100,00	0,00
R5	100,00	80,00	60,00	60,00	0,00

T1 - T4 = Tratamientos; R1-R5= Réplicas por tratamiento

Tabla 4. Análisis de la varianza de los efectos de las concentraciones del bioinsecticida Beauver®, sobre la mortalidad de larvas de *H. metabus*.

Fuente de variación	Grados de libertad (Df)	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	p-valor (Pr>F)
Tratamientos	4,00	2,70	0,70	34,10	1,13x10 ⁻⁸
Residuales	20,00	0,40	0,02		

Desarrollo del bioinsecticida Deltabac®

La bacteria Btk H3a3b fue masificada por Agrobiotech C.A. y formulada en la versión polvo mojable bajo la denominación bioinsecticida Deltabac®. Para demostrar la eficacia del mismo frente a larvas de *H. metabus*, se condujeron los respectivos bioensayos de laboratorio supervisados por el INSAI, cuyos resultados en términos de mortalidad acumulada se muestran en la Tabla 6. Se determinó la existencia de diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos con respecto al control (P<0,0002, test de Kruskal-Wallis) y que el

tratamiento más efectivo fue T3 (P<0,0000, test de Kruskal-Wallis) (Tablas 7 y 8). Estos resultados muestran la alta efectividad de la formulación Deltabac® contra larvas de *H. metabus* de diferentes instares, cuando es aplicado a las concentraciones de esporas (equivalentes por hectárea) de 0,75x10¹¹, 0,75x10¹² y 0,75x10¹³, con valores de mortalidad de 70, 70 y 90 % respectivamente.

Tabla 5. Prueba de comparaciones múltiples (Tukey HSD) de los efectos de las concentraciones del bioinsecticida Beauver® sobre la mortalidad de larvas de *H. metabus*.

Comparación	Diferencia de medias	p-valor	Signif.	Límite inferior	Límite superior
T1-T2	-0,08	0,8956	n.s.	-0,3476	0,1876
T1-T3	-0,12	0,6696	n.s.	-0,3876	0,1476
T1-T4	-0,04	0,9911	n.s.	-0,3076	0,2276
T1-T5(Control)	-0,88	0,0000	***	-1,1476	-0,6123
T2-T3	-0,04	0,9911	n.s.	-0,3076	0,2276
T2-T4	0,04	0,9911	n.s.	-0,2276	0,3076
T2-T5(Control)	-0,8	0,0000	***	-1,0676	-0,5323
T3-T4	0,08	0,8956	n.s.	-0,1876	0,3476
T3-T5(Control)	-0,76	0,0000	***	-0,1876	-0,4923
T4-T5(Control)	-0,84	0,0000	***	-1,0276	-0,5723

Los asteriscos indican que hay diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con cada nivel de significancia: *** 0,001; ** 0,01; * 0,05. Las siglas n.s. indican que no hay diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 6. Valores de mortalidad (%) de larvas de *H. metabus* por efecto del bioinsecticida Deltabac®, a base de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, a las concentraciones de esporas equivalentes por hectárea de: T1=0,75x10¹¹, T2=0,75x10¹², T3=0,75x10¹³. Valores corregidos, usando la fórmula de Abbott (1925).

	T1	T2	T3	T4 (Control)
R1	60,00	40,00	60,00	0,00
R2	80,00	60,00	100,00	20,00
R3	80,00	80,00	100,00	0,00
R4	60,00	100,00	100,00	0,00
Promedio	70,00	70,00	90,00	5,00

T1 - T3= Tratamientos; R1-R4= Réplicas por tratamiento

Tabla 7. Análisis de la varianza (Kruskal-Wallis) de los efectos de las concentraciones del bioinsecticida Deltabac®, sobre la mortalidad de larvas de *H. metabus*.

Valor crítico	Grados de libertad (Df)	p-valor
12,78	3	0,005

Tabla 8. Prueba de comparaciones múltiples (prueba post hoc) de los efectos de las concentraciones del bioinsecticida Deltabac® sobre la mortalidad de larvas de *H. metabus*.

Comparación	Diferencia de medias	p-valor	Significancia	Límite inferior (LCL)	Límite superior (UCL)
T1-T2	-2	0,1806	n.s.	-5,065	1,065
T1-T3	-6,25	0,0008	***	-9,315	-3,184
T1-T4(Control)	5,25	0,0029	**	2,185	8,315
T2-T3	-4,25	0,0106	*	-7,315	-1,184
T2-T4(Control)	7,25	0,0002	***	4,185	10,315
T3-T4(Control)	11,5	0	***	8,435	14,565

Los asteriscos indican que hay diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con cada nivel de significancia: *** 0,001; ** 0,01; * 0,05. Las siglas n.s. indican que no hay diferencias estadísticamente significativas.

Eficacia de los bioinsecticidas Beauver® y Deltabac® en el control larval de *H. metabus* en campo

Aspersiones marítimo-fluviales

Durante los ciclos de *H. metabus* I y II de 2021 y I, II y III de 2022, se realizaron aplicaciones marítimo-fluviales del bioinsecticida Beauver® en los bordes de los bosques de mangle del golfo de Paria, a razón de $0,2 \times 10^{12}$ esporas por hectárea, para un total de 969,6 hectáreas (Figura 1), (Tabla 9). Las evaluaciones realizadas post-aplicación evidenciaron un importante número (no cuantificado) de larvas muertas y momificadas por el hongo (Figura 3), observándose que las mismas adoptaron una posición en la cual la parte anterior queda semi erguida, siendo la definitiva en forma de semi “S”. Las larvas momificadas en el campo

permanecieron adheridas a las hojas y ramas de las plantas de mangle (Figura 3), lo que es coherente con el efecto esperado de *Beauveria bassiana*, en que luego de su infección y muerte, el micelio del hongo las recubre completamente y esporula (momificación), proporcionando el aspecto blanco y la posición característica (Alves 1986, Gajardo *et al.* 2012b); a su vez estas larvas constituyeron focos de infección, a partir de los cuales pudo haberse producido la diseminación epidémica del hongo (epizootia). Paralelamente, durante las fases de vuelo correspondientes a los ciclos I y II de 2021 y I, II y III de 2022, posteriores a la explosión poblacional del IV ciclo de 2020, y coincidiendo con las aplicaciones del bioinsecticida Beauver®, se observó una marcada reducción en el número de adultos atrapados en las estaciones de atracción y captura, incluidos los derribados en los postes de alumbrado público (Tabla 9). Al inicio del IV ciclo de *H. metabus* a finales de 2022, principios de 2023, se comenzó a aplicar el bioinsecticida Deltabac® en los bosques de mangle del golfo de Paria y sus ramificaciones. Previamente, y como parte del Programa de Vigilancia y Control de esta plaga, se determinó la presencia de larvas a lo largo de transectas georreferenciadas, con el propósito de identificar (Figura 3) zonas de alta, media y baja infestación, tomando como referencia el porcentaje de las transectas con presencia larval. Se observó además, que en la mayoría de las transectas evaluadas, la presencia de larvas era mayor en los primeros 50 m contados desde el borde del manglar, coincidiendo con la franja de mareas, pudiendo llegar hasta valores mínimos hacia los 100 m. Cabe destacar que en esta franja se desarrollan mayoritariamente dos de las principales especies de mangle hospederas de *Hylesia*, como son *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* von Gártner, 1807 (Barrantes y Cerdas 2015), siendo *R. mangle* el hospedero preferido por *H. metabus* para su alimentación (Fornés y

Hernández 2000, Hernández *et al.* 2012). La Figura 3 muestra la ubicación de las 106 transectas evaluadas en el golfo de Paria y sus ramificaciones, para determinar la incidencia larval de *H. metabus* durante el inicio del IV ciclo 2022-2023, previo a las aplicaciones del bioinsecticida Deltabac®. Se identificaron zonas de alta, mediana y baja infestación atendiendo al porcentaje de transectas con presencia de estadíos inmaduros del insecto (60-100 % alta, 30-59 % mediana y 1-29 % baja). Luego de realizadas estas evaluaciones se hicieron aplicaciones marítimo-fluviales del bioinsecticida Deltabac®, cubriendo 407 hectáreas de bordes de manglar. Transcurridos 15 días post-aplicación se seleccionaron 9 transectas al azar, sin reemplazo, ubicadas en las zonas asperjadas y no asperjadas con el propósito de determinar la presencia del insecto en sus estadíos inmaduros (Figura 3). Las observaciones realizadas están recogidas en la Tabla 6, donde se destaca la casi total ausencia de posturas, masas de larvas y pupas, con la excepción de dos masas de larvas enfermas en la transecta 5 y una masa de larvas del tercer instar en la transecta 8, donde también se encontraron larvas y pupas momificadas, quizás producto de aspersiones con el bioinsecticida Beauver® en ciclos anteriores. Hacia el final del IV ciclo 2022-2023 se registró una explosión poblacional localizada en el municipio Mariño en particular, debido a que la aplicación marítima de Deltabac® en este municipio no permitió cubrir toda el área infestada, lo que explica dicha explosión poblacional (Tabla 9, IV ciclo 2022-2023).

Aspersiones aéreas del bioinsecticida Deltabac®

Durante el I ciclo 2023 las labores de vigilancia entomológica permitieron determinar niveles de infestación y distribución similares a los registrados en el IV ciclo 2022-2023 (Figura 3), motivo por el cual, en el Programa de

Vigilancia y Control de *H. metabus* se decidió realizar la aspersión aérea del bioinsecticida Deltabac®, lográndose cubrir 6 506 de 10 000 hectáreas planificadas. Las evaluaciones postaplicación mostraron la ausencia de estadíos inmaduros de *H. metabus* en las áreas muestreadas, a su vez las evaluaciones de la fase de vuelo del I ciclo 2023, mostraron que durante los primeros 30 días del ciclo, sólo se cuantificó la presencia de 230 adultos en los municipios tradicionalmente afectados (Tabla 9).

Tabla 9. Poblaciones de adultos de *Hylesia metabus* recolectados en postes de alumbrado público y trampas de atracción y captura.

Ciclo	Biocontrolador aplicado	Superficie tratada (hectáreas)	Adultos ^A recolectados	Adultos ^B recolectados
I-2020 23/02/20 al 08/04/20	Ninguno	-	15 419 739	48 821 821
II-2020 05/06 al 29/07/2020	Btk-Javelin	409,5	5 421	193 094
III-2020 05/10 al 23/11/2020	Btk-Max (*)	6000	1 142 957	1 190 739
IV-2020 21/12/2020 al 12/03/2021	Ninguno	-	18 522 005	264 764 884
I-2021 17/04 al 24/09/2021	Beauver®	212,9	790 947	6 277 217
II-2021 29/07 al 24/09/2021	Beauver®	93,1	9 376	37 341
III-2021 21/11/2021 al 09/01/2022	Ninguno	-	44	3 253
I-2022 06/03 al 07/05/2022	Beauver®	162,8	5 634	133 194
II-2022 28/06 al 25/08/2022	Beauver®	92,7	1 180	1 110 262
III-2022 08/10 al 05/12/2022	Beauver®	408,11	429 339	4 078 911
IV-2022-2023 22/01 al 29/03/2023	Deltabac®	407		5 336 170 (**)
I-2023 04/05 al 21/06/2023	Deltabac® (*)	6 506	179	230 (***)
Control	Agua estéril	-		-

Adultos^(A) recolectados a los 19 días de iniciado el ciclo de vuelo

Adultos^(B) recolectados a lo largo de todo el ciclo de vuelo

(*) Aspersión aérea

(**) Capturas focalizadas solamente en el municipio Mariño, donde se aplicó el bioinsecticida Deltabac sólo por el borde marítimo del manglar (***) Adultos capturados a los 30 días transcurridos desde el inicio de la fase de vuelo



Figura 3. Larvas de diferentes instares de *H. metabius*, muertas y momificadas por efecto de la aplicación del bioinsecticida Beauver® a base del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, en los manglares del Golfo de Paria. Las mismas fueron observadas momificadas y adheridas a ramas y hojas del mangle.

Las evaluaciones de la densidad de adultos en fase de vuelo continuaron realizándose durante los años subsiguientes, 2023, 2024 y principios de 2025, período en el cual no ha sido posible detectar adultos de *H. metabius* en vuelo a lo largo del eje de Paria, lo que demuestra claramente la eficacia de los bioinsecticidas Beauver® y Deltabac® en la regulación de las poblaciones de esta plaga. Es probable que el efecto de estos biocontroladores haya estado acompañado por la acción de otros microorganismos patógenos (hongos, bacterias, virus, etc) y enemigos naturales de *H. metabius* como insectos depredadores y parasitoides, tal como ha sido descrito por Gajardo *et. al.* (2012a, 2012b), Osborn (2012) y Hernández *et. al.* (2009).

Conclusiones

Se logró el desarrollo y producción a gran escala de los bioinsecticidas Beauver® y Deltabac®, empleando subproductos agroindustriales de bajo costo, para ser usados en el control biológico de larvas de *H. metabius*. Su eficacia fue demostrada a través de bioensayos de laboratorio supervisados por el Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (INSAI), lo que permitió sus respectivos registros para uso en salud pública. A través de aplicaciones marítimo-fluviales de Beauver® y Deltabac® en el Golfo de Paria y sus ramificaciones, así como de aplicaciones aéreas de este último en dicha zona, se logró controlar las explosiones poblacionales recurrentes de *H. metabius* “Palometa Peluda” en la península de Paria, estado Sucre. Este hecho ha llevado

tranquilidad a sus pobladores, a partir de mediados de 2023 hasta el presente, período en el cual no se han registrado adultos en vuelo de esta plaga, como lo indica la labor permanente de vigilancia llevada a cabo por los organismos del estado venezolano responsables de garantizar la salud pública.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo institucional y logístico del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología MINCYT, el Ministerio del Poder Popular para la Salud MPPS, la Corporación de Desarrollo Científico y Tecnológico CODECYT y la empresa de base biotecnológica AGROBIOTECHS, C.A. Los autores quieren expresar su especial reconocimiento y agradecimiento al personal técnico adscrito a la Dirección de Salud Ambiental en la Estación Quebrada de la Niña, municipio Cajigal, estado Sucre; así mismo desean agradecer el apoyo suministrado por la Alcaldía de este municipio.

Literatura Citada

- ARIAS Q, CLAVIJO JA, HERRERA M, OSBORN F, DESOUSA JC. 2007. Efecto de aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, sobre la diversidad de especies de Nymphalidae (Insecta: Lepidoptera) en el golfo de Paria estado Sucre, Venezuela, Resumen n°51. XX Congreso Venezolano de Entomología. ENTOMOTROPICA, 2007 22, 74. <https://www.parasitejournal.org/articles/parasite/ref/2012/02/parasite2012192p117/parasite2012192p117.html>
- ABBOTT W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267. <https://academic.oup.com/jee/articleabstract/18/2/265/785683>
- ALVES SB. 1986. Fungos entomopatogénicos. En: Alves SB (ed) *Controle Microbiano de insetos*. Editora Manole LTDA, Sao Paulo, Brasil, pp 73-126. [https://www.google.com/search?q=Alves+S.B%2C+\(1986\)+Fungos+entomopatog%C3%AAnicos.+En%3A+Alves+SB+\(ed\)+Control+e+Microbiano+de+insetos.+Editora+Manole+LTDA%2C+Sao+Paulo%2C+Brasil%2C+pp+73-126.&rlz=1C1CHBF_esVE1013VE1017&oq=Alves+S.B%2C+\(1986\)+Fungos+entomopatog%C3%AAnicos.+En%3A+Alves+SB+\(ed\)+Controle+Microbiano+de+insetos.+Editora+Manole+LTDA%2C+Sao+Paulo%2C+Brasil%2C+pp+73-126.&gs_lcp=EgZjaHJvbWUyBggAEUYQdIBCDM3NTZqMGo3qAIAAsAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Alves+S.B%2C+(1986)+Fungos+entomopatog%C3%AAnicos.+En%3A+Alves+SB+(ed)+Control+e+Microbiano+de+insetos.+Editora+Manole+LTDA%2C+Sao+Paulo%2C+Brasil%2C+pp+73-126.&rlz=1C1CHBF_esVE1013VE1017&oq=Alves+S.B%2C+(1986)+Fungos+entomopatog%C3%AAnicos.+En%3A+Alves+SB+(ed)+Controle+Microbiano+de+insetos.+Editora+Manole+LTDA%2C+Sao+Paulo%2C+Brasil%2C+pp+73-126.&gs_lcp=EgZjaHJvbWUyBggAEUYQdIBCDM3NTZqMGo3qAIAAsAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- BARRANTES R, CERDAS A. 2015. Distribución espacial de las especies de mangle y su asociación con los tipos de sedimentos del sustrato, en el sector estuarino del Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 3:47-60. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arhtext&pid=S0034-77442015000500047
- BAUCE E, CARISEY N, DUPONT A, VAN FRANKENHUYZEN K. 2004. *Bacillus thuringiensis* subsp. kurstaki aerial spray prescriptions for balsam fir stand protection against spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 97: 1624-1634. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15568352/>
- CABRERIZO S, SPERA M, DE ROODT A. 2014. Accidentes por lepidópteros: *Hylesia nigricans* (Berg, 1875) o “mariposa negra” *Archivos Argentinos de Pediatría*, 112(2):179-182. https://studylib.es/doc/6385063/esp%C3%A1ol#google_vignette
- CEBEKI H, OYKEN RT, ACER S. 2010. Control of pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* with *Bacillus thuringiensis* in Antalya, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31: 357-361. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21047011/>
- CLAVIJO JA, CHACIN ME, ARIAS Q, OSBORN F, HERRERA M. 2007. Efecto de aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, sobre la diversidad de especies de Sphingidae (Insecta: Lepidoptera) en el Golfo de Paria, estado Sucre, Venezuela, Resumen n°49. XX Congreso Venezolano de Entomología. ENTOMOTROPICA, 22: 73-74.
- DORTA B, BOSCH A, ARCAS JA, ERTOLA R. 1990. High Level of Sporulation of *Metarhizium anisopliae* in a Medium Containing By-products. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 33: 712-715

- https://www.academia.edu/124794631/High_level_of_sporulation_ofMetarhizium_anisopliae_in_a_medium_containing_by_products
- FORNÉS L, HERNÁNDEZ JV. 2000. Algunos aspectos de la biología de *Hylesia metabus* (Cramer 1775) (Lepidoptera: Saturniidae). *Boletín de Entomología Venezolana*, 15: 127-145. <https://www.bioline.org.br/pdf?em01014>
- FORNÉS L, HERNÁNDEZ JV. 2001. Reseña histórica e incidencia en la salud pública de *Hylesia metabus* (Cramer) (Lepidoptera: Saturniidae) en Venezuela. *ENTOMOTROPICA*, 16: 137-141. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3695677>
- GAJARDO R, VITELLI J, RODRIGUEZ-LEMOINE V, DORTA B. 2012a. Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911) en el nororiente de Venezuela. En: Hernández EJV, Osborn F, Conde JE eds. Estudio multidisciplinario de la palometa *Hylesia metabus*. Caracas, Venezuela. Ediciones IVIC 2012, 115-130.
- GAJARDO R, PAVONE D, OSBORN F, DORTA B. 2012b. Primer reporte de un hongo entomopatógeno sobre *Hylesia metabus* (Cramer, 1775), (Lepidoptera: Saturniidae). En: Hernández EJV, Osborn F, Conde JE eds. Estudio multidisciplinario de la palometa *Hylesia metabus*. Caracas, Venezuela: Ediciones IVIC 2012, 131-139.
- GLASSER CM, CARDOSO JL, CARRÉRI-BRUNO GC, DOMINGOS MF, MORAES RHP, CIARAVOLO RMC. 1993. Surtos epidêmicos de dermatite causada por mariposas do gênero *Hylesia* (Lepidoptera: Hemileucidae) no Estado de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 27: 217-220. https://www.scielo.br/j/rsp/a/CKpzGMjTFbm_cXq4FR7C5Tym
- HERNÁNDEZ JV, OSBORN F, HERRERA B, LIENDOBARANDIARÍAN C, PEROZO J, VELÁSQUEZ D. 2009. Parasitoides larva-pupa de *Hylesia metabus* (Cramer) (Lepidoptera: Saturniidae) en la región nororiental de Venezuela: un caso de control biológico natural. *Neotropical Entomology*, 38: 343-250.
- HERNÁNDEZ JV, OSBORN F, HERRERA M. 2012. Rasgos de *Hylesia metabus* (Cramer, 1775) En: Hernández EJV, Osborn F, Conde JE eds. Estudio multidisciplinario de la palometa *Hylesia metabus*. Caracas, Venezuela: Ediciones IVIC 2012, 15-24.
- HERNÁNDEZ EJV, OSBORN F, CONDE JE. 2012. Estudio multidisciplinario de la palometa peluda *Hylesia metabus*. Caracas, Venezuela. Ediciones IVIC 2012, 223 p.
- ISERHARD CA, KAMINSKI LA, MARCHIORI MO, TEXEIRA EC, ROMANOWSKI HP. 2000. Occurrence of Lepidopterism caused by the moth *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera: Saturniidae) in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Neotropical Entomology*, 36: 612-615. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.55/55/20073263049>
- JOURDAIN F, GIRO R, VASSAL JM, CHANDRE F, LAGNEAU C, FOUQUE F, GUIRAL D, RAUDE J, ROBERT V. 2012. The Moth *Hylesia metabus* and French Guiana Lepidopterism: Centenary of a public health concern. <http://www.parasite-journal.org> or <http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2012192117>
- LEMAIRE C. 2002. The Saturniidae of America: Hemileucinae. Antiquariat eock & Evers, Germany. Part A, 688 p. https://www.persee.fr/doc/bsef_0037928x_2003_num_108_3_16972_t1_0311_0000_4
- OSBORN F, BERLIOZ L, VITELLI-FLORES J, MONSALVE W, DORTA B, LEMOINE VD. 2002. Pathogenic effects of bacteria isolated from larvae of *Hylesia metabus* Cramer (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 80: 7-12.
- OSBORN F, HERNÁNDEZ JV, VELÁSQUEZ D, VELÁSQUEZ Y, SAPENE A. 2005. Efectividad de dos formulaciones del larvicida Dipel 8L® sobre larvas de *Hylesia metabus* Cramer (Lepidoptera: Saturniidae), Resumen n° 158. XIX Congreso Venezolano de Entomología. *ENTOMOTROPICA*, 20, 176-177. <https://www.bioline.org.br/pdf?em05022>
- R-project 3.3.3. 2017. The R Foundation for Statistical Computing Platform: i686-pc-Linux-gnu. Rproject. [https://www.google.com/search?q=Rproject+3.3.3+\(2017\).+The+R+Foundation+for+Statistical+Computing+Platform%3A+i686-pcLinux-gnu+R](https://www.google.com/search?q=Rproject+3.3.3+(2017).+The+R+Foundation+for+Statistical+Computing+Platform%3A+i686-pcLinux-gnu+R)
- SALOMON OD, SIMÓN D, RIMOLDI JC, VILLARRUEL M, PÉREZ O, PÉREZ R, MARCHAN H. 2005. Lepidopterismo por *Hylesia nigricans* (mariposa negra) investigación y acción preventiva en Buenos Aires. Medicina (Buenos Aires), 65,241-246.
- VASSAL JM. 1989. Biologie, écologie et pathologie d'*Hylesia metabus* (Cramer 1775) (Lépidoptères: Saturniidae) agent de la “papillonite” en Guyane Française: mise en place d'une structure de lutte intégrée [Thèse de Sciences]. Université des

- sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 248 p.+44 pl.
- VASSAL JM, DE BARJA CH, FRUTOS R, FEDERICI BA. 1993. Isolation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* from diseased field-collected larvae of the saturniid moth, *Hylesia metabus*, in French Guiana. Federation of European Microbiological Societies. *Microbiology Letters*, 107: 199-204.
- VAN FRANKENHUYZEN K. 1990. Development and current status of *Bacillus thuringiensis* for control of defoliating forest insects. *The Forestry Chronicle*, 66(5): 498-507.
<https://doi.org/10.5558/tfc66498-5>
- VÁSQUEZ L. 1990. Estudio Bioecológico y táticas de control de la palometa *Hylesia metabus* Cramer en el oriente de Venezuela. *Saber*, 3: 14-20.
<http://saber.udo.edu.ve/index.php/saber/article/view/2168>
- VASQUEZ L, OLIVARES M, VILLEGAS A. 1984. Ciclo biológico y estacionalidad de la palometa *Hylesia* sp. (Lepidoptera: Saturniidae) en la región oriental de venezolana. IX Congreso Venezolano de Entomología. San Cristobal, edo. Táchira, Venezuela.
- WILLAT G, CAPDEVILA A, MARTÍNEZ M, BENAVIDES C, CARBALLO R. 2003. Brotes de dermatitis urticante por mariposas del género *Hylesia* en Uruguay. *Revista de Salud Pública* (Bogotá), 2: 4-6