

USO POTENCIAL DE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS DEL ORDEN LEPIDOPTERA¹

**José Ángel Herrera-Vásquez²; Patricia Esther Corro-Chang³;
Randy Atencio-Valdespino⁴**

RESUMEN

Los insectos plaga del orden Lepidoptera constituyen uno de los grupos taxonómicos de mayor importancia económica por sus daños sobre cultivos agrícolas en Panamá. El desarrollo de nuevas alternativas amigables con el ambiente se ha transformado en una clave fundamental para alcanzar la sostenibilidad de las actividades de producción agrícola. Los virus entomopatógenos que afectan especies de Lepidoptera constituyen un potencial con amplias perspectivas de desarrollo. Este trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión de los principales virus entomopatógenos que podrían ser utilizados en el manejo integrado de plagas (MIP), en particular de Lepidoptera en Panamá. Se realizó la búsqueda de información proveniente de documentación científica y reportes técnicos sobre la materia en cuestión. El estudio se enfoca en las principales plagas del orden Lepidoptera asociadas a cultivos agrícolas de importancia económica y para la seguridad alimentaria de la población panameña. Se resalta el uso potencial que podrían tener los virus entomopatógenos para su control, a partir de las experiencias obtenidas en otras regiones con grupos taxonómicos similares a los presentes en el territorio nacional. Así mismo, se resalta la posible utilización de estas alternativas en Panamá y en la región. Aunque los virus entomopatógenos no se habían considerado como una opción relevante en los programas MIP de Lepidoptera en Panamá, el desarrollo de estudios básicos de laboratorio y campo, así como de productos tecnológicos basados en estos microorganismos, hacen posible un control amigable que no contamina el ambiente.

Palabras clave: Cultivos, Lepidoptera, MIP, plagas, virus entomopatógenos.

¹Recepción: 02 de octubre de 2023. Aceptación: 05 de agosto de 2024. Este trabajo formó parte de los estudios asociados a Entomología Agrícola en Panamá realizados dentro del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y la Universidad de Panamá.

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIA-Divisa), Grupo de Investigación de Protección Vegetal (GPV), Ctra. Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá / Sistema Nacional de Investigación (SNI), Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), Panamá. e-mail: joshervs11@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8437-5920>

³Universidad de Panamá. (PCMENT)/SNI, SENACYT, Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. e-mail: estherpatricia04@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4385-1596>

⁴IDIAP, CIA-Divisa, GPV, Ctra. Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá /SNI, SENACYT, Panamá. e-mail: randy.atencio@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

POTENTIAL USE OF ENTOMOPATHOGENIC VIRUSES IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF PESTS OF THE LEPIDOPTERA ORDER

ABSTRACT

Pest insects of the order Lepidoptera constitute one of the taxonomic groups of greatest economic importance due to their damage to agricultural crops in Panama. The development of new environmentally friendly alternatives has become a fundamental key to achieving the sustainability of agricultural production activities. Entomopathogenic viruses that affect species of Lepidoptera constitute a potential with broad development prospects. This work aimed to carry out a review of the main entomopathogenic viruses that could be used in integrated pest management (IPM), particularly of the order Lepidoptera in Panama. A browse was made for information from scientific documentation and technical reports on the subject in question. The study focuses on the main pests of the order Lepidoptera associated with agricultural crops of economic importance and for the food security of the Panamanian population. The potential use that entomopathogenic viruses could have for their control is highlighted, based on the experiences obtained in other regions with taxonomic groups similar to those present in the national territory. The possible use of these alternatives in Panama and the region is also highlighted. Although entomopathogenic viruses had not been considered as a relevant option in the Lepidoptera IPM programs in Panama, the development of basic laboratory and field studies, as well as technological products based on these microorganisms, make possible a friendly control that does not contaminate the environment.

Keywords: Crops, entomopathogenic viruses, IPM, Lepidoptera pests, Lepidoptera.

INTRODUCCIÓN

En Panamá, la superficie agrícola es de 242 122 ha, con una producción de 4 020 812 t, la cual involucra un estimado de 48 121 productores, con un sector agrícola en crecimiento que incluye el cultivo de granos básicos, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y cultivos industriales, pero que a su vez pierde un equivalente a 3 825 ha (1,57%) de la superficie agrícola debido a condiciones climáticas adversas como el viento y la lluvia, así como el impacto de enfermedades y plagas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Existe un complejo de plagas insectiles del orden Lepidoptera que ocasionan pérdidas en los cultivos agrícolas panameños. En este complejo se han reportado 80 especies en 57 géneros y 15 familias, incluyendo defoliadores y minadores de hojas, así como barrenadores de tallos y frutos de diversos cultivos claves para la seguridad alimentaria en Panamá (Corro-Chang y Tarakanov, 2017).

Durante décadas, el manejo de las plagas insectiles, incluyendo los lepidópteros, se ha basado en la aplicación de insecticidas químicos. Estos productos, además de incrementar significativamente el costo de producción y de los alimentos de la canasta básica, tienen efectos nocivos que ponen en riesgo la salud humana y la del medio ambiente. El uso de alternativas no químicas, amigables con el ambiente e inocuas para la salud de los consumidores, tomó fuerza dentro de los programas de manejo integrado de plagas regionales durante los últimos años (Garcerán y Castillo, 2019).

El desarrollo de bioplaguicidas a base de bacterias, hongos, nematodos o virus entomopatógenos, constituye una herramienta tecnológica indispensable para lograr la sostenibilidad en la producción agrícola, la cual puede ser aplicada para el control de lepidópteros en diferentes cultivos, entre estos, caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.), rubros claves para la seguridad alimentaria de Panamá (Nava-Pérez et al., 2012). Una de las alternativas con mayores perspectivas de aplicabilidad para el control de insectos lepidópteros son los virus entomopatógenos, considerados agentes de control biológico seguros, de fácil producción en masa, sencilla formulación y aplicación (Pacheco et al., 2019).

En Panamá se han realizado diversos estudios epidemiológicos, de detección, de caracterización y de control de distintas especies de virus fitopatógenos de los géneros begomovirus, carmovirus, comovirus, cucumovirus, potyvirus y torradovirus, que afectan cultivos de interés agrícola, como solanáceas (tomate [*Solanum lycopersicum* L.] y pimentón [*Capsicum annuum* L.]) y cucurbitáceas (melón [*Cucumis melo* L.], pepino [*Cucumis sativus* L.] y zapallo [*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam.]) (Herrera-Vásquez et al., 2013, 2016; Davino et al., 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Este trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión de los principales virus entomopatógenos que podrían tener un potencial para ser utilizados en el manejo integrado de las principales plagas insectiles del orden Lepidoptera en Panamá.

Insectos plagas del orden Lepidoptera en Panamá

El orden Lepidoptera es uno de los grupos más complejos en cuanto a diversidad ecológica en Panamá, que puede ser utilizado como bioindicador de disturbios medioambientales en sistemas ecológicos como bosques. Sin embargo, diversas especies son consideradas dañinas dentro de los agroecosistemas, sobre todo por la alta resistencia y tolerancia a insecticidas químicos, ejerciendo mayor presión sobre las plantas hospederas cultivadas (Corro-Chang, 2018).

Especies de Lepidoptera, fundamentalmente en sus estadios inmaduros, han sido utilizadas como controladores biológicos de plantas exóticas y parásitas, como las larvas del género *Episimus* (familia Tortricidae), efectivas contra la “pimienta rosada” o *Schinus* sp., un género de árboles de la familia Anacardiaceae (Wheeler et al, 2016; Metz et al, 2019). Adicionalmente, los “gusanos medidores” principalmente del género *Eupithecia* (familia Geometridae), han desarrollado canibalismo que, en un futuro, permitiría utilizar sus larvas en programas de control biológico de otros insectos perjudiciales (Montgomery, 1983).

El cambio climático y los fenómenos ambientales asociados como “El Niño”, por ejemplo, causan el incremento de las temperaturas y la reducción de las lluvias y la nubosidad en la región. Esto influye directamente la biología y comportamiento de los insectos plagas del orden Lepidoptera, poniendo en riesgo la producción agrícola del país, especialmente de cultivos como maíz y arroz, que afectan la seguridad alimentaria (Mora et al., 2010).

Otro aspecto clave a considerar es la potencial introducción de especies exóticas e invasoras del orden Lepidoptera en Panamá, como el caso de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Gelechiidae, Lepidoptera) originaria de Sudamérica (Ramos-Méndez, 2019), que tiene un impacto negativo directo sobre la biodiversidad de los agroecosistemas sensibles a la seguridad alimentaria, que incluye alteraciones sobre las poblaciones y comunidades nativas de este grupo de insectos (Valdés, 2009).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El establecimiento de monocultivos y la constante aplicación de insecticidas de amplio espectro elimina los depredadores naturales, creando un ambiente físico-químico favorable a la actividad destructiva de los insectos plagas sobre las plantas cultivadas, ya que la naturaleza de los agroecosistemas es menos estable que la de los ecosistemas naturales (Kalha et al., 2014).

Diversas especies exóticas del orden Lepidoptera son consideradas plagas cuarentenarias para Panamá, por lo cual, debido a su potencial entrada en el país, resulta necesario disponer de alternativas para su control. Entre estas plagas, destacan *Diaphania indica* (Saunders) (Crambidae), que ataca especies de plantas cultivadas de la familia Cucurbitaceae; *Ephestia elutella* (Hübner) (Pyralidae), que afecta semillas o cereales almacenados (incluye maíz y harina de trigo [*Triticum aestivum* L.]); *Spodoptera albula* (Walker) (Noctuidae), que ataca tomate y pimentón; *Spodoptera exempta* (Walker) (Noctuidae), que afecta jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe); y *Spodoptera exigua* (Hübner) (Noctuidae), que ataca brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (MIDA, 2023; European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2022).

Adicionalmente, en Panamá se presentan plagas del orden Lepidoptera, como el gusano cortador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Noctuidae), que causa graves daños en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el distrito de Tierras Altas, en la provincia de Chiriquí, un cultivo sensitivo para la seguridad alimentaria en Panamá (Lezcano et al., 2004). Otra plaga importante es *Stenomacrus catenifer* Walsingham (Elachistida), que causa importantes daños en árboles frutales, principalmente, aguacate (*Persea americana* Mill), fundamentalmente en la provincia de Chiriquí (Santos et al., 2018).

De igual manera, la industria de producción de azúcar en Panamá enfrenta constantes desafíos por pérdidas de peso de la caña de azúcar y reducción en la producción de azúcar extraída debido a daños ocasionados por diferentes especies de lepidópteros barrenadores de tallos, entre los que destacan *Diatraea* sp. (Crambidae), *Elasmopalus lignosellus* (Zeller) (Pyralidae) y *Telchin licus* (Drury) (Castniidae). Esto impulsa a la industria en la búsqueda de nuevas alternativas para sus programas de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

manejo integrado, con la finalidad de mitigar los daños ocasionados por estas plagas (Atencio et al., 2021a, b) (Cuadro 1).

Diversas familias del orden Lepidoptera, por ejemplo, Gelechiidae, han sido objeto de estudio por su complejidad dentro de diversos medios ecológicos y agroecológicos. Dentro de esta familia, 82 especies se encuentran presentes en Panamá, destacando *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) y *Tecia solanivora* (Povolný) en el cultivo de papa, así como *Phthorimaea absoluta* Meyrick y *Phthorimaea operculella* (Zeller) en el cultivo tomate (Corro-Chang et al., 2021).

En adición, estudios realizados sobre la familia Gelechiidae del orden Lepidoptera, dieron como resultado la identificación de cinco nuevas especies en Panamá, siendo estas, *Aristotelia barriosi* Heppner y Corro, *Agnippe tarakanovi* Heppner y Corro, *Chionodes sariguaensis* Heppner y Corro, *Colanthes korytkowskii* Heppner y Corro y *Pavolechia mimetica*, Heppner y Corro las cuales son importantes dentro de diversos ecosistemas, principalmente agrícolas (Heppner y Corro-Chang, 2017; Corro-Chang y Metz, 2020; Corro-Chang y Bidzilya, 2020).

Por otro lado, la expansión de los daños asociados a las especies *T. absoluta* y *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) (Gelechiidae) sobre el cultivo de tomate en los países que conforman el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), entre estos Panamá, ha dado como resultado que este organismo impulse una prospección constante de estas plagas para definir su estatus, con la finalidad de implementar programas de manejo integrado, donde el potencial uso de virus entomopatógenos podría constituir una alternativa clave (Ramos-Méndez, 2019).

En el caso de *T. absoluta*, sobresale el impacto negativo que tiene esta especie sobre diversas especies de plantas de la familia Solanaceae, principalmente tomate, deteriorando la calidad del fruto y limitando su comercialización (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). En Panamá *T. absoluta* ha adquirido importancia económica, por lo cual, se han realizado diversos estudios morfológicos y taxonómicos de esta especie (Corro-Chang y Metz, 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Son significativos los aportes realizados en Panamá en identificación, biología, daños y alternativas de control de plagas del orden Lepidoptera, principalmente asociadas a la caña de azúcar (Atencio-Valdespino, 2018) y al tomate (Corro-Chang, 2021).

Virus Entomopatógenos

La búsqueda de nuevos agentes de control que puedan intervenir dentro de los agroecosistemas, para la reducción de insectos plagas del orden Lepidoptera, ha supuesto considerar entre las alternativas de control el uso potencial de virus entomopatógenos (Kalha et al., 2014).

El desarrollo de esta búsqueda se fortaleció a partir de la creación de catálogos de virus entomopatógenos tales como los desarrollados por Martignoni e Iwai (1986) asociados a enfermedades virales de insectos, ácaros y garrapatas en los Estados Unidos de América. Los mismos incluyen el compendio de las especies de artrópodos asociados a diversas familias y géneros de virus entomopatógenos.

La generación de conocimiento previa fue determinante para que en la actualidad diversas empresas en Estados Unidos de América y Europa desarrollaran productos a base de baculovirus, principalmente *Nucleopolyhedrovirus* (NPV), que incluyó empresas comerciales tales como Dupont, Biosys, American Cynamid y Agriviron que tienen proyectos de investigación asociados al desarrollo de virus entomopatógenos para el control de larvas de Lepidoptera (Kalha et al., 2014).

La integración de los virus entomopatógenos en los planes de manejo integrado de plagas insectiles ha motivado su uso en Brasil, país con uno de los mercados de productos de control biológico de plagas más grandes del mundo, motivado por la mitigación de los impactos ecológicos y a la salud humana ocasionados por los insecticidas químicos (Sosa-Gómez et al., 2020).

En el área de Centro América, entre diversas experiencias realizadas con los virus entomopatógenos, una de las más exitosas fue la realizada en Honduras en el Centro para el Control Biológico en Centro América (CCBCA) en la Escuela Agrícola Panamericana



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Zamorano con la producción y aplicación de baculovirus del género *Nucleopolyhedrovirus* (VPN) para el control de *Spodoptera frugiperda* (Walker) (Noctuidae) en cultivos sensitivos a la región como el maíz y ensayos de control sobre *Plutella xylostella* (L.) (Plutellidae) (Williams et al., 1999; Cave et al., 2011).

Existen reportes de virus de los géneros *Cypovirus*, *Alphabaculovirus*, *Betabaculovirus*, *Deltabaculovirus* y *Gammabaculovirus* que indicaron la afectación de más de 800 especies de insectos y ácaros, lo cual se atribuye principalmente a las propiedades biológicas de estos virus, caracterizados por su elevada especificidad (Payne, 1982; Sosa-Gómez et al., 2020).

En el caso de las plagas del orden Lepidoptera, los virus entomopatógenos afectan principalmente las etapas larvales al producir una infección crónica o letal y la liberación de grandes cantidades de cuerpo de inclusión (CI). Los CI son relativamente estables, por lo cual, sirven como medio para que los virus puedan transmitirse y persistir fuera del huésped. Sin embargo, su exposición a la luz ultravioleta podría causar su destrucción (Payne, 1982; Sosa-Gómez et al., 2020).

Las larvas jóvenes, principalmente los tres primeros estadios de insectos plagas de Lepidoptera, son más susceptibles que las larvas de estadios superiores a la infección por virus entomopatógenos. Esto coincide con la infestación temprana de las larvas jóvenes a los cultivos, siendo durante este período más propensas a infectarse incluso con una baja concentración viral que inicia el proceso de la enfermedad, fundamento clave para la formulación, dosificación y aplicación de virus entomopatógenos (Payne, 1982; Sosa-Gómez et al., 2020).

A nivel mundial, distintas especies de virus entomopatógenos han sido reportadas en diversos agroecosistemas. Una de las más reconocidas los baculovirus correspondientes a nucleopoliedrovirus (NPV), en este caso aislado del gusano de la seda (*Bombyx mori* L.) (Bombycidae), aunque que también ha sido relacionada con enfermedades dentro de apiarios de abejas (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) (Deka et al., 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

A pesar de que existe una alta diversidad de virus entomopatógenos, solo unos pocos se observan con frecuencia en distintas poblaciones de insectos, principalmente de los órdenes Lepidoptera, Diptera, Hemiptera, Coleoptera e Hymenoptera (Sarwar et al., 2021).

Los virus entomopatógenos pueden causar la muerte de los huéspedes infectados, por la capacidad que tienen de producir grandes cantidades de CI, que sirven de protección a las partículas de los virus maduros que se localizan en el medio ambiente. Esto permite que los virus desarrollen una serie compleja de asociaciones con su insecto huésped y que, en muchos casos, causen epizootias de enfermedades a gran escala (Sarwar et al., 2021).

Los virus entomopatógenos son parásitos intracelulares obligados, compuestos de ADN o ARN, encapsulado en una cubierta de proteína o cápside, con el fin de formar los viriones o nucleocápsides. En este sentido, los virus se han transformado en organismos altamente eficaces en el manejo de poblaciones de ciertas plagas insectiles dentro del orden Lepidóptera (Kalha et al., 2014).

Los virus entomopatógenos causan enfermedades en los insectos que reducen la movilidad de las larvas, lo cual conlleva a que dejen de alimentarse y tengan un menor crecimiento (Sarwar et al., 2021). Las larvas se tornan de color blanquecino, debido a una infección viral masiva, que es visible a través de su tegumento translúcido, que se vuelve más delgado a medida que la infección avanza, hasta finalmente romperse, para liberar un líquido grisáceo a cremoso (como el caso de los baculovirus y entomopoxvirus) (Sarwar et al., 2021). Las larvas de Lepidoptera enfermas cuelgan sostenidas por sus crochets (setas pequeñas y curvadas establecidas alrededor de la base de las patas) con la cabeza hacia abajo en una posición de “V” invertida, que facilita la dispersión del inóculo del virus en condiciones de campo (Sarwar et al., 2021).

La clasificación de los virus entomopatógenos ha cambiado con el paso del tiempo. Inicialmente, se agruparon de acuerdo con la presencia o ausencia de cuerpos de inclusión (CI) y la morfología del virión. Posteriormente se utilizaron otros criterios, como el grupo de hospederos y el tipo de tejido afectado, así como la presencia o ausencia de envoltura (Del Rincón-Castro y Ibarra, 2011).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Actualmente se clasifican siguiendo los parámetros utilizados para la clasificación de los virus patógenos de animales, como, por ejemplo: el tipo de ácido nucleico, la simetría de las subunidades de la cubierta de proteína, la forma y el tamaño de la partícula viral y la presencia o ausencia de envoltura (Del Rincón-Castro y Ibarra, 2011).

Los resultados de las investigaciones antes expuestas han permitido que los virus entomopatógenos se puedan agrupar, al menos, en 18 familias y 39 géneros. La clasificación y las características generales de los principales virus entomopatógenos se presentan en el Cuadro 1, basados en los aportes de Caballero y Williams (2008), Rohrmann (2011) y Villamizar et al. (2018).

Cuadro 1. Principales familias y géneros de los virus entomopatógenos.

Familia	Género	Ácido nucleico *	Cuerpo de inclusión	Virión envuelto	Forma del virión	Hospederos †	Sitio de replicación
Ascoviridae	Ascovirus	csADN	No	Sí	Baciliforme, ovoide o alantoide	L	Núcleo: cuerpo graso, hipodermis y matriz tráquea
	Toursvirus		No	Sí		Hy	
Baculoviridae	Alphabaculovirus	cdADN	Sí	Sí	Baciliforme	L	Núcleo: intestino medio o infección sistémica
	Betabaculovirus		Sí	Sí		L	
	Deltabaculovirus		Sí	Sí		D	
	Gammabaculovirus		Sí	Sí		Hy	
Iridoviridae	Chloriridovirus	cdADN	No	No	Icosaédrica	C, D, He, L,	Núcleo y citoplasma: cuerpo graso, hemocitos, hipodermis, algunas veces sistémica
	Iridovirus		No	No		O, Tr, D	
Hytrosaviridae	Glossinavirus	cdADN	No	Sí	Baciliforme	D	Núcleo: glándula salivar, ovarios y tejidos gonadales
	Muscavirus		No	Sí		D	
Nudiviridae	Alphanudivirus	cdADN	No	Sí	Baciliforme	O, C	Núcleo: intestino medio o infección sistémica
	Betanudivirus		No	Sí		L	
Parvoviridae	Ambidensovirus	csADN	No	No	Redondeada	D, He, Hy	Núcleo: mayoría de tejidos, excepto el intestino medio
	Brevidensovirus		No	No		L, O	
	Iteravirus		No	No		D	
	Sin clasificar		No	No		L, O	
Polydnaviridae	Bracovirus	cdADN	No	Sí	Cilíndrica	Hy	No en parasitoides. Hemocitos y cuerpo graso
	Ichnovirus		No	Sí			



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Continuación:

Cuadro 1. Principales familias y géneros de los virus entomopatógenos.

Poxviridae	Alphaentomopoxvirus		Sí	Sí		C	Citoplasma: principalmente en cuerpo graso y hemocitos, pero otros órganos se pueden infectar
	Betaentomopoxvirus		Sí	Sí		L, O	
	Gammaentomopoxvirus		Sí	Sí		L, O	
	Sin clasificar	cdADN			Ovoide	Hy, O	
Birnaviridae	Entombirnavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	D	Citoplasma: no en tejidos, adultos sensibles al CO ₂
Dicistroviridae	Aparavirus		No	No		Hy	Intestino y sistema reproductor
	Cripavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	He, O, D	
	Triatovirus		No	No		He	
Iflaviridae	Iflavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L, Hy, He	Citoplasma: células epiteliales del intestino medio y células calciformes
Metaviridae	Errantivirus		No	No/Sí	Esféricos u ovoides	D	Hemocitos, infección sistémica
	Metavirus	csARN	No	No		L, D, C	
	Semotivirus		No	No/Sí		D	
Nodaviridae	Alphanodavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	C, D, L	Citoplasma: intestino y después infección sistémica
Pseudoviridae	Hermivirus	csARN	No	No	Redondeada	D	Citoplasma o núcleo
Reoviridae	Cypovirus		Sí	No		L, Hy	Citoplasma: células del intestino
	Idnoreovirus	cdARN	No	No	Icosaédrica	L, Hy	
	Seadornavirus		No	No		D	
Alphatetraviridae	Betatetravirus		No	No		L	Citoplasma: infección crónica
	Omegatetravirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L	
Carmotetraviridae	Alphacarmotetravirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L	Citoplasma: células del intestino medio
Permutotetraviridae	Alphapermutotetravirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L	Citoplasma: células del intestino medio

Fuentes: Caballero y Williams (2008), Rohrmann (2011) y Villamizar et al. (2018).

* = ADN o ARN es: cadena sencilla; cd: cadena doble.

† = Órdenes de insectos: C: Coleoptera; D: Diptera; Di: Dictioptera; He: Hemiptera; Hy: Hymeniptera; L: Lepidoptera; O: Orthoptera; Od: Odonata; Tr: Trichoptera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Importancia de los Baculovirus

Entre los virus de insectos, los baculovirus (familia Baculoviridae) son los agentes de biocontrol viral mayormente estudiados y utilizados (Sosa-Gómez et al., 2020). Se han reportado más de 700 especies de insectos infectados naturalmente por baculovirus, de los cuales el 90% corresponden a insectos del orden Lepidoptera (Sosa-Gómez et al., 2020). Los virus de la familia Baculoviridae (incluyendo nucleopoliedrovirus [NPV] y granulovirus [GV]) son extremadamente específicos para el huésped. Además, no son patógenos para los insectos benéficos y otros grupos taxonómicos, incluidos los mamíferos (Deka et al., 2021).

Los bioplaguicidas comerciales a base de baculovirus representan un bajo peligro para las personas y la vida silvestre, por su rango limitado de huéspedes que generalmente se limitan al orden y a la familia del huésped de origen (Deka et al., 2021). Se ha demostrado que los mismos son una fuente importante de agentes de control microbiano, en particular, para insectos plagas del orden Lepidoptera dentro de sistemas de producción agrícola y forestal (Morris, 1980; Nava-Pérez et al., 2012; Sarwar et al., 2021).

Los NPV solo pueden replicarse dentro de los tejidos de los artrópodos, sin tener un impacto en los tejidos de animales vertebrados y plantas. Por esto se ha dado un incremento de productos biológicos a base de estos, transformando en elementos clave de los programas de manejo integrado de determinadas plagas, por aspectos de especificidad (Pacheco et al., 2019; Valicente, 2019).

Estos elementos justifican que durante las últimas dos décadas las investigaciones sobre el uso de virus entomopatógenos en la guerra biológica se hayan incrementado en diversas regiones del mundo contra los insectos plagas del orden Lepidoptera, como por ejemplo en Colombia, donde estos virus se utilizaron para el control integrado de *T. absoluta* (Herrera Rocha et al., 2018).

A partir de allí, han continuado los estudios relacionados a la biología y comportamiento de virus entomopatógenos de la familia Baculoviridae (como los géneros *Alphabaculovirus*, *Betabaculovirus*, *Deltabaculovirus* y *Gammabaculovirus*) sobre larvas de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

insectos plagas de los órdenes Lepidoptera, Hymenoptera y Diptera, con el fin de establecer herramientas tecnológicas para los programas de manejo integrado de plagas en agroecosistemas (Sosa-Gómez et al., 2020).

Virus entomopatógenos con potencial utilidad sobre plagas del orden Lepidoptera establecidas en Panamá

En Panamá no existen evidencias sobre el establecimiento de virus entomopatógenos, porque simplemente no se han desarrollado estudios a profundidad sobre la temática.

Al revisar la gran diversidad de géneros de virus entomopatógenos con referencias (Cuadro 1) en otras regiones, es posible constatar que los virus entomopatógenos por su diversidad tienen el potencial de constituir una pieza clave dentro de programas de manejo integrado de plagas distribuidas en cultivos agrícolas regionales y en Panamá (Corro-Chang, 2018).

Plagas del orden Lepidoptera presentes en Panamá, pero también están presentes en otras regiones donde se ha logrado controlar sus poblaciones con virus entomopatógenos se indican en el Cuadro 2. Se incluye por ejemplo el caso del Virus de la Granulosis (VG) donde se han obtenido resultados para el control de larvas de 3° y 5° estadios de *A. ipsilon* en España (Caballero et al., 1988), así como el uso de *Nucleopolyhedrovirus* (NPV) con *Diaphania nitidalis* (Stoll) (Crambidae) en larvas de 2° estadio (Jackson et al., 2009) (Cuadro 2).

La potencial utilidad de estos virus entomopatógenos se incrementa en Panamá si se incluyeran estudios de plagas regionales eventuales o con estatus de secundarias presentes en Panamá, que incluyen *Diatraea tabernella* Dyar (Crambridae) en Caña de azúcar (Atencio et al., 2021a), *Telchin licus* (Drury) (Castniidae) en caña de azúcar (Atencio et al., 2021b), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Pyralidae) (Atencio et al., 2021; EPPO, 2022), *Spodoptera eridania* (Stoll) (Noctuidae) en especies cultivadas de la familia Poaceae (EPPO, 2022), *Rupela albinella* (Cramer) (Crambidae) en arroz (Coto, 1997; EPPO, 2022) y *Mocis latipes* (Guenée) (Noctuidae) en arroz y maíz (Coto, 1997).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 2. Lista de insectos plagas del orden Lepidoptera seleccionados en Panamá con referencias de virus entomopatógenos utilizados en otras regiones.

Especie	Familia	Cultivo	Virus entomopatógeno	País desarrolló la investigación	Referencia
<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel)	Noctuidae	Solanaceae	Virus de la granulosis – <i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	España	Caballero et al., 1988; EPPO, 2022; Lezcano et al., 2004
<i>Chloridea virescens</i> (F.)	Noctuidae	Diversas familias (Polífaga)	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA*	Caballero y Williams, 2008; EPPO, 2022
<i>Diaphania hyalinata</i> (L.)	Crambidae	Cucurbitaceae			Korytkowski, 2003
<i>Diaphania nitidalis</i> (Stoll)	Crambidae	Cucurbitaceae	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA	Jackson et al., 2009; Korytkowski, 2003
<i>Diatraea saccharalis</i> F.	Crambidae	Caña de azúcar, maíz	Virus de la granulosis – <i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	Argentina	EPPO, 2022; Lecuona y Alves, 1988
<i>Erinnyis ello</i> (L.)	Sphingidae	Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	<i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	Colombia	Caballero y Williams, 2008; Coto, 1997; EPPO, 2022
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Noctuidae	Diversas familias (Polífaga)	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA	Caballero y Williams, 2008; EPPO, 2022; Nava-Pérez et al., 2012
<i>Plutella xylostella</i> (L.)	Plutellidae	Brassicaceae	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA	Kariuki y McInosh, 1999; Coto, 1997; EPPO, 2022
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Walker)	Noctuidae	Poaceae (Maíz, sorgo)	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	Brasil	Caballero y Williams, 2008; Atencio et al., 2021a; EPPO, 2022; Nava-Pérez et al., 2012
<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Gelechiidae	Tomate	<i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	Colombia	EPPO, 2022; Gómez-Valderrama et al., 2014

*EUA: Estados Unidos de América



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- En Panamá hace falta realizar estudios a profundidad de virus entomopatógenos. Por tanto, se plantea la posibilidad de realizar a mediano y largo plazo investigaciones sobre la taxonomía, biología, potencial de multiplicación y utilidad de virus entomopatógenos en medios naturales y agroecosistemas panameños.
- El estatus actual y el descubrimiento de insectos hospederos de virus entomopatógenos en Panamá constituye el paso inicial para conocer la diversidad de estos agentes nativos dentro de agroecosistemas panameños, incluyendo su potencial utilidad dentro de la agricultura orgánica y prácticas agroecológicas.
- Con los nuevos escenarios que se vislumbran con plagas emergentes, invasoras y exóticas en los agroecosistemas establecidos en Panamá, los virus entomopatógenos representan una alternativa viable de alto potencial de aplicación sobre plagas insectiles del orden Lepidoptera.
- Los virus entomopatógenos representan una alternativa sostenible en comparación con el uso de insecticidas químicos dentro de programas de manejo integrado de plagas, sobre todo cuando la tendencia mundial en la producción agrícola se basa en la búsqueda de alternativas acordes con la aplicación de prácticas agroecológicas, integrando la resiliencia y sostenibilidad en agroecosistemas agrícolas en Panamá.
- A nivel mundial existen pocos grupos de investigación en virus entomopatógenos, por tanto, se requiere la formación de equipos multidisciplinarios no solo en Panamá, sino a nivel regional e internacional. En este sentido, las investigaciones relacionadas a esta temática deben ser fortalecidas con proyectos de investigación que involucren diferentes especialistas, entre estos, biólogos, entomólogos, virólogos, con la finalidad de aportar a los estudios de diversidad y biología de estos virus, así como su comportamiento dentro de poblaciones de insectos, sobre todo de aquellas especies del orden Lepidoptera que causan daños importantes a cultivos que aportan a la seguridad alimentaria de Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REFERENCIAS

- Atencio-Valdespino, R. (2018). Identification of biological components, damage and control alternatives for lepidopteran sugarcane stemborers in Panama. Montpellier: Université de Montpellier, 187 p. Thèse de doctorat: Mécanismes des interactions parasitaires pathogènes et symbiotiques: Université de Montpellier. <http://www.theses.fr/2018MONTG012>
- Atencio V., R., Goebel, F., Guerra, A., Nikpay., A., y Collantes G., R. (2021a). Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* en caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 37-58. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2466
- Atencio V., R., François Goebel, R., Murillo, V., y Guerra, A. (2021b). Plantas hospederas de dos especies de barrenadores del tallo (Lepidoptera) asociados a caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 1(2), 12-24. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2119/1970
- Caballero, P., Fleishacker, C., Vargas Osuna, E., y Santiago-Alvarez, C. (1988). Un baculovirus autoctono (virus de la granulosis; VG) de *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) y sus posibilidades de empleo en la lucha contra "gusanos grises". *Bol. San. Veg. Plagas*, 14, 171-174. <https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-14-01-171-174.pdf>
- Caballero, P., y Williams, T. (2008). Virus entomopatógenos. En *Control biológico de plagas agrícolas*. J.A. Jacas y A. Urbaneja (Eds.). *Phytoma 04* (pp. 121-135). http://www.trevorwilliams.info/caballero_williams_fasciculo_2008.pdf
- Cave, R. D., Trabanino, R., y Pitty, A. (2011). Zamorano y sus Contribuciones a la Agricultura Sostenible a Través del Control Biológico de Plagas. *Ceiba*, 52(1), 26-38. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v52i1.966>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Corro-Chang, P. E., y Tarakanov, S. V. (2017). Guía de campo: principales especies de Lepidoptera (Heterocera) asociadas a cultivos anuales de Panamá. Litho Editorial Chen. 240 p.

Corro-Chang, P. E. (2018). Moths and their relationship to Panamanian agriculture. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 3(2), 143-144.
<https://doi.org/10.15406/ijawb.2018.03.00075>

Corro-Chang, P., y Bidzilya, O. (2020). Three new species of Gelechiidae (Lepidoptera) from Panama. *Zootaxa*, 4890(3). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4890.3.7>

Corro-Chang, P. E., y Metz, M. A. (2021). Classification of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae: Gelechiinae: Gnorimoschemini) Based on Cladistic Analysis of Morphology. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 123(1), 41-54. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.1.41>

Corro-Chang, P.E., Bidzilya, O., Metz, M.A., Landry, J.F., y Heppner, J. (2021). An Updated and Annotated Checklist of the Gelechiidae (Lepidoptera) of Panamá. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 123(1), 55-74.
<https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.1.55>

Corro-Chang, P. E. (2021). Sinopsis de la tribu Gnorimoschemini (Lepidoptera: Gelechiidae), con especial enfoque a la fauna de América Central y Región Norte de Sudamérica. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Programa Centroamericano de Entomología. [Tesis Doctoral en Ciencias con énfasis en Entomología, Universidad de Panamá].
http://up-rid.up.ac.pa/3861/1/patricia_corro.pdf

Coto, D. (1997). Lepidoptera en cultivos anuales y perennes: manual de reconocimiento. Turrialba, C. R.: CATIE. Unidad de Fitoprotección.
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2866>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Davino, S., Panno, S., Caruso, A., Davino, M., y Herrera Vásquez, J. A. (2018). High genetic stability of *Potato yellow mosaic Panama virus* infecting tomato in Panama. *Journal of Plant Pathology*, 100, 59-65. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0028-8>
- Deka, B., Baruah, C., y Babu, A. (2021). Entomopathogenic microorganisms: their role in insect pest management. *Egypt J Biol Pest Control*, 31, 121. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00466-7>
- Del Rincón-Castro, M. C., y Ibarra, J. E. (2011). Entomopathogenic Viruses. En: N. Rosas-Garcia (Ed.), *Biological Control of Insect Pests* (pp. 29-64). Houston, EE. UU.: Studium Press LLC.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2022). EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int>
- Garcerán, P., y Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria: Panamá y el mundo. *Prisma Tecnológico*, 10, 22-27. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
- Gómez-Valderrama, J., Herrera, L, Uribe-Vélez, D., López-Ferber M., y Villamizar L. (2014). An immunological method for granulovirus detection in larvae of *Tuta absoluta*: Searching for isolates with prospects for biological control of this pest in Colombia. *International Journal of Pest Management*, 60(2),136-143. <https://doi.org/10.1080/09670874.2014.941043>
- Heppner, J. B., y P. Corro. (2017) Panama Moth Notes, 8. The Neotropical Genus *Pavolechia* (Lepidoptera: Gelechiidae: Anacampsinae). *Lepidoptera Novae*, 10(1-2), 67-70. https://www.researchgate.net/publication/323346078_Panama_Moth_Notes_8The_Neotropical_Genus_Pavolechia_Lepidoptera_Gelechiidae_Anacampsinae/link/5ad149e6a6fdcc29357c3987/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Herrera-Vásquez, J. A., Córdoba Sellés, M. C., Cebrían, M. C., Font-San-Ambrosio, M. I., Alfaro-Fernández, A. y Jordá, C. (2013). Viruses of cucurbits in Panama. *Journal of Plant Pathology*, 95, 435-440.

https://www.academia.edu/108987627/Viruses_of_cucurbits_in_Panama

Herrera-Vásquez, J. A., Ortega, D., Romero, A. B., Davino, S., Mejía, L. C., Panno, S., y Davino, M. (2016), Begomoviruses Infecting Tomato Crops in Panama. *J Phytopathol*, 164, 102-113. <https://doi.org/10.1111/jph.12436>

Herrera Rocha, M., Rodríguez Caicedo, D., y Cantor, F. (2018). Antecedentes y Perspectivas para el Manejo Integrado de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 73-81.

<https://doi.org/10.18359/rfcb.2736>

Jackson, D. M., Shepard, B. M., Shapiro, M.F., y El Salamouny, S. (2009). Effects of Cucurbitacin on the Activity of Nucleopolyhedroviruses Against Pickleworm Larvae. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 26(2), 95-106.

<https://doi.org/10.3954/1523-5475-26.2.95>

Kalha, C. S., Singh, P. P., Kang, S. S., Hunjan, M. S., Gupta, V., y Sharma, R. (2014). Entomopathogenic Viruses and Bacteria for Insect-Pest Control. In D. P. Abrol (Ed.) *Integrated Pest Management. Current Concepts and Ecological Perspective* (pp. 225-244). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00013-0>

Kariuki, C. W., y McIntosh, A. H. (1999). Infectivity studies of a new baculovirus isolate for the control of the diamondback moth (Plutellidae: Lepidoptera). *J. Econ. Entomol.*, 92, 1093-1098.

<https://academic.oup.com/jee/article-abstract/92/5/1093/2217103?redirectedFrom=fulltext>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Korytkowski, C. (2003). Manejo Integrado de Plagas. Universidad de Panamá. Vice-Rectoría de Investigación y Post-grado. Programa de Maestría en Entomología.
<https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Korytkowski-2003-IPM.pdf>

Lecuona, R. E., y Alves, S. B. (1988). Efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *B. brongniartii* (Sacc.) Petch. and granulose virus on *Diatraea saccharalis* (F., 1794) at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 105, 223-228.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1988.tb00181.x>

Lezcano-B., J., Bernal-V., J., y Hurtado, M. (2004). Eficacia Biológica de Insecticidas Sobre Larvas de Gusanos Cortadores *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) en Papa (*Solanum tuberosum*) en Cerro Punta, Bugaba. 2003. *Ciencia Agropecuaria*, 16, 97-108. <http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/228>

Martignoni, M. E., e Iwai, P. J. A. (1986). Catalog of viral diseases of insects, mites, and ticks. 4th ed. Gen. Tech. Rep. PNW-195. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 51 p.
https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr195.pdf

Metz, M., Wheeler, G. S., Landry, J. F., Williams, D. A., y Mckay, F. (2019). New genus and species of Gelechiini (Lepidoptera: Gelechiidae) feeding on Brazilian pepper tree. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 121(1), 63-80.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2023). Lista Especifica de Plagas Cuarentenarias A1. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal.
<https://mida.gob.pa/documentos/insectos/?csrt=17875122078903576684>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). Cierre Agrícola, Año 2020-2021. Documento de Actividades Productivas. Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. 56 p.
<https://mida.gob.pa/documentos/cierre-agricola-2020-2021/?csrt=17875122078903576684>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Montgomery, S. L. (1983) Carnivorous caterpillars: the behavior, biogeography and conservation of *Eupithecia* (Lepidoptera: Geometridae) in the Hawaiian Islands. *GeoJournal*, 7, 549-556.
- Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J. L., Acosta, A., y Sema, B. (2010). Panamá: Efectos del cambio climático sobre la agricultura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Sede Subregional de México.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/095fd33b-867a-4115-8142-2497e8f19b1a/content#:~:text=La%20agricultura%20es%20extremadamente%20vulnerable,plagas%20da%C3%B1inas%20para%20los%20mismos.>
- Morris, O. N. (1980). Entomopathogenic viruses: strategies for use in forest insect pest. *The Canadian Entomologist*, 112(2), 573-584. <https://doi.org/10.4039/Ent112573-6>
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., y Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: Una Opción para el Control Biológico de Plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17-29. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
- Pacheco Hernández, Ma. de L., Reséndiz Martínez, J. F., y Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32. Epub 30 de abril de 2020. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Payne, C. C. (1982). Insect viruses as control agents. *Parasitology*, 84(4), 35-77. <https://doi.org/10.1017/S0031182000053609>
- Ramos Méndez, C. (2019). Expansión de *Tuta absoluta* (Meyrick) y *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) en la región de OIRSA. *Phytohemeroteca*, 314.
<https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/314-diciembre-2019/expansion-de-tuta-absoluta-meyrick-y-keiferia-lycopersicella-walsingham-en-la-region-del-oirsa>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Santos Murgas, A., Carranza, R. E., y Abrego, J. C. (2018). Presencia y Daño Causado por la Polilla *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) Barrenadora del Fruto de Aguacate *Persea americana* Mill en Panamá. *Revista científica CENTROS*, 7, 74-88. <http://up-rid.up.ac.pa/2301/1/247>

Rohrmann, G. (2011). *Baculovirus molecular biology*. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US).

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK49500/?report=reader>

Sarwar, M., Sarwar, S., y Aslam, R. (2021). Usage of Entomopathogenic Viruses for Insect Pest Control. In L.P. Awasthi (Ed.), *Biopesticides in Organic Farming: Recent Advances* (pp. 99-107). CRC Press.

<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003027690-26/usage-entomopathogenic-viruses-insect-pest-control-muhammad-sarwar-roohi-aslam>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Palomilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Última actualización: febrero de 2019. Ficha Técnica No. 28. 15 p.

<https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Palomilla%20del%20tomate.pdf>

Sosa-Gómez, D. R., Morgado, F. S., Corrêa, R., Silva, L. A., Ardisson-Araújo, D., Rodrigues, B., Oliveira, E. E., Aguiar, R., y Ribeiro, B. M. (2020). Entomopathogenic Viruses in the Neotropics: Current Status and Recently Discovered Species. *Neotropical entomology*, 49(3), 315–331. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00770-1>

Valdés-S., V. V. (2009). Impactos positivos y negativos de la introducción de animales exóticos en Panamá. *Revista Tecnología En Marcha*, 22(2), 91.

https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/119



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Valicente, F.H. (2019). Entomopathogenic Viruses. In B. Souza, L. Vázquez, & R. Marucci (Eds.) *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 137-150). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_12
- Villamizar, L., Cuartas, P., Gómez, J., Barrera, G. P., Espinel, C., y Lopez-Ferber, M. (2018). Virus entomopatógenos en el control biológico de insectos. En A. Marina Cotes (Ed.), *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros, Vol. 1 Agentes de control biológico* (pp. 370-409). Agrosavia, Corporación colombiana de investigación agropecuaria. <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/21/13/167-1?inline=1>
- Wheeler, G. S., Mc Kay, F., Vitorino, M. D., Manrique, V., Diaz, R., y Overholt, W. A. (2016). Biological control of the invasive weed *Schinus terebinthifolia* (Brazilian Peppertree): Review of the Project with an Update on the Proposed Agents. *Southeastern Naturalist*, 15(sp8), 15-34. <https://doi.org/10.1656/058.015.sp802>
- Williams, T., Goulson, D., Caballero, P., Cisneros, J., Martínez, A. M., Chapman, J. W., Roman, D. X., y Cave, R. D. (1999). Evaluation of a Baculovirus Bioinsecticide for Small-Scale Maize Growers in Latin America. *Biological Control*, 14, 67-75. <https://doi.org/10.1006/bcon.1998.0677>

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al apoyo del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, a la Universidad de Panamá y al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)