

ARTÍCULO DE REFERENCIA

## Potencial de los Baculovirus para el manejo de plagas agrícolas en Cuba

### Baculovirus potential for agricultural pests management in Cuba

Jorge Luis Ayala Sifontes<sup>1</sup> y Deborah Henderson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Carretera del Jibaro Km 2, Sancti Spiritus, Cuba. CP 60100

<sup>2</sup> Institute for Sustainable Horticulture Kwantlen Polytechnic University 12666 72<sup>nd</sup> Ave. Surrey, Canada. BC V3W 2M8

*E-mail:* ayala.sifontes16@gmail.com; deborah.henderson@kpu.ca

#### RESUMEN

Cuba tiene un reconocido prestigio internacional por desarrollar un amplio programa de control biológico de plagas, sin embargo, poco se ha hecho en relación con el desarrollo de los insecticidas virales basados en virus de la familia *Baculoviridae*, los que cada día ganan más espacio en el mundo como alternativa viable al empleo de insecticidas químicos. Las cualidades de los virus de esta familia, particularmente, su alta especificidad y por lo tanto seguridad en su empleo, su capacidad de persistir en la naturaleza y crear epizootias, la facilidad de reproducirlos "in vivo" por diferentes alternativas económicas, los hacen atractivos para incorporarlos en los programas de manejo de plagas junto a otros bioplaguicidas desarrollados en Cuba, tanto mediante tecnologías de multiplicación masiva en biofábricas o alternativas propias de la agricultura sostenible. En la provincia de Sancti Spíritus el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, con la colaboración del Instituto de Horticultura Sostenible de la Universidad Politécnica de Kwantlen, dan continuidad a trabajos iniciados por la década de los 90 del pasado siglo con la participación de estudiantes y profesionales cubanos y canadienses. El programa abarca el trabajo con los virus de la poliedrosis nuclear de *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV) y de *S. exigua* (SeMNPV), y la búsqueda de aislamientos nativos de baculovirus en *Plutella xylostella*, a la vez se recomiendan un grupo de plagas sobre las cuáles concentrar el trabajo de prospección de aislamientos nativos de baculovirus.

**Palabras claves:** Baculovirus, bioplaguicidas, control biológico

#### ABSTRACT

Cuba has an international reputation for implementing widespread biological control of pests, and microbial biocontrol is an integral component of most pest management programs. One class of microbial pesticides however, has not been developed in Cuba, bio-insecticides based on the *Baculoviridae*. This class of safe and environmentally protective microbial pesticides is used ever more commonly worldwide as an alternative to chemical pesticides. The characteristics of the viruses of this family, particularly their high host specificity, safety to non-target organisms, capacity to persist in nature and create epizootics, and the economy with which they can be produced "in vivo", all make them attractive for incorporation into pest management programs along with other pesticides developed in Cuba. The mass production technology is well understood in Cuba and biofactories already exist for a number of microbial biocontrol products. In the province of Sancti Spiritus, the

Plant Protection Laboratory of the Ministry of Agriculture, with the cooperation of the Institute for Sustainable Horticulture, Kwantlen Polytechnic University, are resuming the work which began in the 90's to develop baculovirus products in support of sustainable agriculture in Cuba. This work is being carried out with the participation of young Canadian and Cuban students and professionals. The program includes research with the multicapsid nuclear polyhedrosis viruses of *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV) and *S. exigua* (SeMNPV) and the search for native isolates of Baculovirus in *Plutella xylostella*, three priority pests in Cuba. In other jurisdictions they are well controlled by baculoviruses, and the expectation is that this same result is possible in Cuba.

**Keywords:** Baculovirus, biopesticides, biological control

## INTRODUCCIÓN

El control biológico de plagas y enfermedades agrícolas se inició en Cuba en octubre de 1918 con la importación por el Dr. Calvino, director de la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas, del coccinélido, *Cryptolaemus montroussieri* Muls., proveniente de California, pero oriundo de Australia, con el objetivo de controlar las chinches harinosas en caña de azúcar, *Pseudococcus* spp. Posteriormente, continuó con otros ejemplos, incluso exitosos, de control biológico clásico y el desarrollo e implementación práctica por Luis C. Scaramuzza de una tecnología para la producción y utilización del entomófago nativo, *Lixophaga diatraeae* Townsend, parasitoide del perforador del tallo de la caña, *Diatraea saccharalis* L. por los años 30 del pasado siglo (Bruner, 1953) y que aún se usa en la actualidad.

Después del triunfo de la Revolución de 1959 se fue diversificando el control biológico abarcando el empleo de bacterias, hongos y nuevos entomófagos nativos e importados. El Programa Nacional de Bioplaguicidas, aprobado en 1988 como Programa Ministerial y ratificado en 1991 como Programa Estratégico por el Comandante en Jefe, disponía en esa fecha de 264 CREE (Centro Reproductor de Entomófagos y Entomopatógenos) y cuatro Plantas de Producción de Bioplaguicidas del MINAG, Güines, Güira de Melena, Matanzas y Sancti Spíritus.

El surtido de metodologías y tecnologías de producción y utilización de medios biológicos en la actualidad en Cuba abarca varias especies de artrópodos entomófagos (parasitoides y depredadores), y de bioplaguicidas registrados. En proceso de registro o con permisos especiales de producción y utilización se

mencionan nematodos, bacterias y hongos entomopatógenos, hongos y bacterias antagonistas de enfermedades de las plantas, bacterias y hongos patógenos de nematodos y bacterias patógenas de ratas, pero no se incluye ningún insecticida viral (Henderson y Ayala, 2010; Abreu et al., 2010).

El objetivo de este trabajo es el de llamar a la reflexión sobre esa insuficiencia en el desarrollo del control biológico en Cuba, haciendo un breve análisis del potencial de los virus entomopatógenos sobre la base de los avances internacionales en este campo; y estimular con ello las investigaciones en el desarrollo de los insecticidas virales con una visión amplia de las diferentes formas para su posible aprovechamiento en las condiciones particulares de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron visitas a diferentes centros de investigación en Cuba y búsquedas de las publicaciones agrícolas nacionales con el fin de tratar de localizar si se estaba trabajando en este tema de investigación desarrollo y si se contaba con algunas publicaciones sobre él.

Se realizaron contactos en el extranjero con expertos en el tema y se dirigió la búsqueda a la información necesaria, por todas las áreas geográficas del mundo, sobre los avances del desarrollo de los baculovirus como bioinsecticidas. Fueron consultados libros y publicaciones recientes que abarcaran el estado actual de la clasificación de los virus entomopatógenos, su inocuidad para el hombre y los animales, su producción, el registro, comercialización y la utilización de los virus entomopatógenos que satisfacen los objetivos que arriba son indicados.

## DESARROLLO

### Los virus entomopatógenos

Se han identificado 15 familias y 33 géneros de virus que son encontrados en forma natural en insectos, muchos de ellos causando infecciones letales (Fauquet *et al.*, 2005).

Dentro de ellas la familia *Baculoviridae* ha sido más estudiada para el desarrollo de insecticidas biológicos. La familia *Baculoviridae* contaba con los géneros *Nucleopolyhedrovirus* y *Granulovirus*, pero a partir de la nueva clasificación y nomenclatura de 2011 los *Nucleopolyhedrovirus* (virus de la poliedrosis nuclear, NPV o VPN) están agrupados en los nuevos géneros, *Alphabaculovirus*, *Deltabaculovirus* y *Gammabaculovirus* y los *Granulovirus* en el género *Betabaculovirus*. El género *Alphabaculovirus*, con dos formas, los VPN de múltiple nucleocápside (MNPV o VPNM) que presentan varias nucleocápsides en cada virión y los virus de la poliedrosis nuclear de simple nucleocápside (VPNS) que solo tienen una nucleocápside por virión, en ambos casos cada cuerpo de inclusión contiene varios viriones; mientras los *Betabaculovirus* (*Granulovirus*, virus de la granulosis, VG) solo tienen una nucleocápside con un virión, raramente dos, por cuerpo de inclusión (Cory y Evans, 2007; Caballero y Williams, 2008).

Los virus de la familia *Baculoviridae* tienen un grupo de cualidades que constituyen ventajas sobre los demás virus entomopatógenos (Caballero y Williams, 2008) estas son:

- La partícula viral está protegida por los cuerpos de inclusión y soportan más la degradación ambiental.
- Son específicos de artrópodos, no habiendo ningún representante de la familia que ataque a plantas, otros animales o al hombre.
- Tienen una elevada patogenicidad y virulencia para numerosas especies de insectos que constituyen plagas importantes, creando epizootias naturales.

Por ello, una reunión conjunta de la FAO-OMS, celebrada en Ginebra en 1972, recomendó trabajar en estos virus para el control de plagas por su alta especificidad y su patogenicidad (FAO, 1974).

### Rango de hospedantes de los baculovirus

Se han reportado más de 1100 virus patógenos de insectos (Fauquet *et al.*, 2005) y más de 600 de ellos son *Baculovirus* (Eberle *et al.*, 2012).

Dentro de la clase Insecta los *Baculovirus* sólo se han reportado en grupos de metamorfosis holometábola. Los *Betabaculovirus* y los *Alphabaculovirus* son encontrados en lepidópteros, mientras los *Gammabaculovirus* y los *Deltabaculovirus* han sido descritos en los órdenes Hymenoptera y Diptera, respectivamente.

La especificidad relativa de los virus con relación a los plaguicidas químicos es muy alta pero algunos pueden llegar a tener hasta 95 especies hospedantes como el MNPV (Virus de Múltiple Nucleocápside) de *Autographa californica* Speyer, mientras otros atacan a una sola especie o a especies muy emparentadas (Cory y Evans, 2007).

### Ciclo biológico de los baculovirus

En la naturaleza los baculovirus pueden ser aislados del follaje de las plantas, residuos de plantas y del suelo, donde pueden permanecer por varios años, incluso décadas, por lo que son frecuentes las epizootias (Fuxa, 2004; Cory y Evans, 2007).

A continuación, resumimos el ciclo de los baculovirus a partir de Caballero y Williams (2008) y otros autores.

La principal vía de infección de los insectos es por la ingestión del alimento contaminado. Una vez que los cuerpos de inclusión (CI) penetran en el intestino de un insecto susceptible y alcanzan el intestino medio, el pH alcalino (9-11) con la presencia de enzimas proteasas disuelven las proteínas que forman a los CI y que recubren a los viriones. Los viriones derivados de los cuerpos de inclusión (VDCI) son susceptibles a la inactivación por los jugos intestinales y pueden también atravesar la membrana peritrófica e infectar las células epiteliales del intestino medio. Esta membrana está constituida por quitina y proteínas, y probablemente sirva de barrera mecánica a microorganismos entomopatógenos, incluyendo los baculovirus.

Se acepta generalmente que las células epiteliales del intestino medio son el foco primario para la infección de los NPV y que los viriones provenientes de esta infección en forma de viriones brotados (BV) (budded virus) son las responsables de la infección secundaria en el hemocele. También están disponibles para la infección sistémica de los órganos hemocélicos y el resto del hospedante en lepidópteros.

De esta forma, los VDCI son responsables de la transmisión horizontal entre insectos y están especializados en la infección de las células

epiteliales del intestino medio, mientras las BV juegan el papel de distribuir la infección del virus dentro del hospedante y son los usados para infectar las células en los cultivos *in vitro*. Estos viriones aunque presentan una apariencia distinta son genotípicamente idénticos.

Las infecciones de NPV (Virus de las Poliedrosis Nucleares) en lepidópteros son poliorganotrópicas y rápidamente después de la infección de las células del intestino medio se presenta la dispersión general del virus. Atendiendo a la presencia de CI para una infección por un MNPV se encontró la siguiente secuencia de aparición de poliedros que podría ser la secuencia de infección de los órganos: 1) cuerpos grasos, 2) hipodermis, 3) matriz traqueal, 4) envolturas musculares, 5) envolturas nerviosas, 6) músculos, 7) ganglios y 8) células pericardiales. Sin embargo, en dípteros e himenópteros la infección por VPN es monoorganotrópica, en la cual sólo las células del epitelio intestinal son afectadas. En otros órdenes la infección se localiza en las células epiteliales del intestino medio donde hay una producción constante de CI infectivos que son expulsados con los excrementos.

Las larvas infestadas con NPV no muestran los signos y síntomas de la infección por varios días después de la ingestión del virus. Los síntomas incluyen cambios en color y comportamiento tales como: pérdida de apetito y dejar de alimentarse. El desarrollo larval se retarda y la muerte ocurre, los tejidos internos se licúan y se observa un oscurecimiento de la cutícula. La ruptura de la epidermis generalmente ocurre después de la muerte, bajo la acción de ciertas enzimas como la quitinasa y la cisteína proteinasa, de forma tal que la epidermis se rompe con facilidad liberando grandes cantidades de cuerpos de inclusión.

Las cepas virulentas de VPN pueden provocarle la muerte a las larvas entre el segundo y quinto día mientras las menos virulentas pueden tomar entre dos y tres semanas para matar al hospedante (Bilimoria, 1991).

Existen otras vías de adquisición de la infección viral por los hospedantes, como pueden ser los parásitos, el canibalismo, a través de los espiráculos, contaminación exterior de los huevos (transovum) pero no son consideradas como importantes (Entwistle, 1983; Chapman *et al.*, 1999; Cory y Evans, 2007;).

### Producción de los baculovirus

Los virus son patógenos obligados de las células, por lo que su reproducción depende de

estas, bien sea las que se logran por cultivo de tejidos de insectos o por larvas del hospedante.

Aun cuando se han logrado avances significativos en el cultivo de células de insectos y algunos baculovirus pueden reproducirse "*in vitro*", en ninguno de los virus entomopatógenos comercializados o producidos en gran escala se ha utilizado esta tecnología por lo costoso de estos sistemas entre otras razones (Caballero y Williams, 2008; Harrison y Hoover, 2012).

Por otro lado, los avances logrados desde hace décadas en la cría masiva de insectos con la utilización de dietas artificiales (Armas y Ayala, 1990). La posibilidad de utilizar las poblaciones naturales o de hacer las crías para la producción de virus parcialmente en campo (Moscardi y Sosa, 2007) permiten producir los bioplaguicidas virales a costos razonables.

Los ejemplos de utilización de baculovirus como insecticidas virales incluyen la colecta, almacenamiento en frío y la formulación o la utilización directa con posterioridad de un batido de los cadáveres de los insectos para el control de la plaga cuando esta se presente. Esto se hace en gran escala en varios países de Sur América, como Brasil, Venezuela y Colombia para el manejo de la primavera de la yuca, *Erinnyis ello* L. (Bellotti y Guzmán, 1992).

De esta forma, en el estado de Paraná, Brasil, su introducción ya había desplazado el 60 % del consumo de insecticidas y los costos de las aplicaciones para el control de la plaga se redujeron de 14 USD por ha cuando se usaban insecticidas piretroides a 1 USD por ha con el empleo del virus.

Este procedimiento también es usado en la producción del *Nucleopolihedrovirus* de *Anticarsia gemmatalis* Hbn. en Brasil, bajo control técnico para garantizar la calidad del producto y su formulación posterior como un polvo humedecible (Moscardi y Sosa Gómez, 2007; Harrison y Hoover, 2012).

Otra alternativa para producciones en gran escala cuando se dispone de dietas artificiales para la cría del hospedante es la producción a partir de crías masivas de este en condiciones controladas de laboratorio. El proceso para optimizar su producción es sencillo y en general pasa por las fases de selección del mejor aislamiento, seleccionar la temperatura de incubación, edad larval de inoculación del virus, dosis óptima para lograr la máxima producción de cuerpos de inclusión, cosecha y formulación. Esta tecnología permite la planificación de la producción y una óptima calidad y estabilidad

del producto (Moscardi y Sosa, 2007; Caballero y Williams, 2008).

Con relación a la formulación se ha venido trabajando en la evaluación de sustancias que actúan como sinérgicas sin tener efecto insecticidas, lo que aumentan la potencia del virus. Sustancias para la protección del virus contra la acción de las radiaciones que resultan destructivas y fagoestimulantes (Lasa *et al.* 2009).

### Los insecticidas virales en el mundo

El primer baculovirus comercializado fue el VPN de *Heliothis* spp. bajo el nombre de Elcar en 1972, pero Falcón (1977) reconocía que el 30 % de los problemas de insectos plagas pueden ser resueltos con virus entomopatógenos en el hemisferio occidental.

En Estados Unidos de América se reportan siete insecticidas virales; cuatro en Canadá, y cinco en el Reino Unido por citar algunos ejemplos de países desarrollados (Kabaluk *et al.*, 2010). Eberle *et al.* (2012) enlistan un total de 24 insecticidas virales registrados en el mundo. China e India son posiblemente los países donde más se aprovechan las potencialidades de los virus entomopatógenos, China inició el desarrollo de los insecticidas virales en 1973 y ya están usando 24, 12 de los cuáles han sido registrados y lanzados al mercado Grzywacz (2012) reporta en la India la utilización de 27 productos virales.

El proyecto más grande de producción y utilización de un baculovirus se lleva a cabo en Brasil con la utilización del virus de la poliedrosis nuclear de *A. gemmatilis*. Este proyecto alcanza más de dos millones de hectáreas tratadas anualmente (Moscardi y Sosa, 2007).

En América Central, Guatemala es el país que produce mayor cantidad de insecticida viral (utiliza el baculovirus de mayor rango de hospedantes, el MNPV de *A. californica* con el MNPV de *Spodoptera albula* Walker (*S. sunia*)) bajo el nombre comercial de VPN Ultra, producido por una empresa nacional (Agrícola El Sol).

En África para la temible plaga *Spodoptera exempta* Walker que en ocasiones ha llegado a cubrir más de 150 mil ha en varios países se ha registrado SpexNPV, que tiene como ingrediente activo al MNPV de esa especie para su manejo (Mushobozi *et al.*, 2003; Armyweb, 2012).

Todo esto indica que los insecticidas biológicos basados en virus, particularmente de la familia *Baculoviridae* son una realidad en todo el mundo.

### Seguridad en el uso de los insecticidas virales

La especificidad de los Baculovirus los hacen los insecticidas biológicos más seguros y fue una de las razones por la cual un comité de expertos de la FAO y la OMS los recomendaron para su uso en el control biológico de plagas desde la década del 70 del pasado siglo (FAO, 1974).

Se han realizado estudios de seguridad en más de 30 baculovirus que han resultado en una abundante fuente de información sobre el tema sin que se encuentren riesgos para el ser humano o ambientales (Strauch *et al.*, 2007) y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Los depredadores no son afectados por alimentarse de presas con virus
- Los depredadores pueden dispersar a los baculovirus
- No causan toxicidad en las abejas y ellas pueden ser usadas como vectores para los baculovirus
- No infectan las células de los mamíferos, la replicación no ocurre
- No son patogénicos, genotóxicos, mutagénicos o carcinogénicos en animales

Por otro lado, los Baculovirus son ampliamente utilizados como herramientas para expresar proteínas liberando genes y en la creación de vacunas para uso humano y animal (Madam *et al.*, 2010). Por lo tanto, la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) señala en lo relativo a los riesgos de los baculovirus para la salud humana: estos virus infectan solamente las larvas de insectos a los cuales van dirigidos y a especies muy relacionadas y las pruebas han demostrado que estos virus no presentan riesgos para el público. Y con relación a los riesgos ambientales señala: estos virus no dañan a otros organismos incluyendo plantas, insectos beneficiosos, otra fauna silvestre o el ambiente, estos virus se presentan en forma natural en sus insectos hospedantes (EPA, 2011).

### Trabajos realizados en Cuba sobre el desarrollo de insecticidas virales

El Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) realizó algunas investigaciones que incluyó el aislamiento y evaluación de virus entomopatógenos de varias especies plagas, dentro de ellas *Heliothis virescens* Fabricius, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith y *Mocis latipes* Guenée.

En Sancti Spiritus, durante la década de los 90 del pasado siglo en la Unidad Provincial

de Control Biológico se hizo un fuerte trabajo de investigación desarrollo con el VPN de *S. frugiperda* tanto en el desarrollo de la tecnología para su reproducción como la evaluación de su potencial en laboratorio y en campo. Con esos resultados y los del INISAV se incluyó desde hace varios años a este virus en el programa de manejo de dicha plaga (Armas, 2004).

En general las principales razones por las cuáles no se han desarrollado los insecticidas virales en Cuba son las siguientes: 1) el escaso y casi inexistente desarrollo de tecnologías de cría masiva de lepidópteros fitófagos en dietas artificiales; 2) prestársele mayor atención a la fermentación industrial de *Bacillus thuringiensis* (Bt) y otros bioplaguicidas, que son competidores de los baculovirus; 3) la infraestructura material de los Centros Reproductores de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) estaba diseñada para la producción de otros medios biológicos; 4) en el caso particular de *S. frugiperda* por ser altamente caníbal, la tecnología desarrollada en aquel entonces no era muy productiva y se requería introducir innovaciones que agilizaran y abarataran el proceso productivo.

Esto ha hecho que Cuba, a pesar de ser considerada uno de los países líderes en la producción de agentes biológicos para el manejo de plagas, no pueda mostrar resultado práctico en el desarrollo de los insecticidas virales (Pérez, 2004).

### ¿Por qué desarrollar insecticidas virales en Cuba?

Los Baculovirus atacan a especies que han desarrollado resistencia a insecticidas químicos, especies de los géneros *Heliothis*, *Helicoverpa*, *Spodoptera* y *Plutella* (que representan el 40 % del mercado mundial de insecticidas) (Grzywacz, 2012).

La mayoría de los insecticidas virales están dirigidos a lepidópteros y el bioplaguicida que por excelencia se ha utilizado para el control de estas plagas es el Bt, ante el cual algunas especies de plagas presentan cierto nivel de resistencia natural y otras, con el uso sistemático de Bt, han desarrollado resistencia (Cory y Franklin, 2012), incluyendo el surgimiento de insectoresistencia a plantas transgénicas que producen la deltaendotoxina de esta bacteria (Storer et al., 2010). De esta forma, el desarrollo de insecticidas virales ampliaría la cartera de productos bioplaguicidas para el manejo de esas plagas.

Además, el desarrollo de métodos sencillos de reproducción de virus en el campo con la entrega de inóculos virales a campesinos agroecológicos permitiría el desarrollo de alternativas sencillas para la agricultura. Los virus entomopatógenos tienen una gran capacidad de crear epizootias y en ocasiones, basta con que se apliquen una sola vez durante una campaña para que mantengan las plagas a un nivel de población aceptable.

### ¿Cómo reiniciar el trabajo con baculovirus en Cuba?

Se impone como línea de investigación básica acometer una búsqueda de aislamientos nativos de baculovirus que afecten las poblaciones de las plagas; seguidamente, desarrollar las primeras tecnologías de producción y utilización que sirvan de prototipo, con el fin de que estos entomopatógenos lleguen a jugar el papel que les corresponde en el control biológico y contribuir con nuevas alternativas biológicas en el manejo de plagas importantes.

Atendiendo a los reportes internacionales sobre virus entomopatógenos y sobre todo a Baculovirus, así como a las especies de plagas que pueden ser de mayor interés para Cuba se sugiere trabajar en las siguientes:

- Complejo *Spodoptera*: *S. frugiperda*, *S. exigua* y otras especies
- *E. ello*, en yuca
- *Plutella xylostella* L. en col y otras crucíferas
- *Diaphania* spp. en cucurbitáceas
- *A. gemmatalis* en soya y otras leguminosas
- *Heliothis* spp. en hortalizas y otros cultivos
- *Mocis* spp. en pastos
- *Trichoplusia ni* Hübner en crucíferas y otros cultivos
- *Omiodes (Hedylepta) indicata* (F.) en frijoles y habichuela
- *Manduca sexta* L. en solanáceas, tomate, pimiento y otros
- *Keiferia lycopersicella* Walsingham en tomate y otras solanáceas
- *Maruca testulalis* (Geyer) en frijoles
- *Leucania* spp.
- *Neodiprion insularis* (Cress.) en *Pinus caribaea* MORELET

### ¿Qué se hace en la actualidad por el desarrollo de bioinsecticidas a partir de baculovirus?

En el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Sancti Spiritus se ha creado un laboratorio

donde se han reiniciado los trabajos con la colaboración del Instituto de Horticultura Sostenible de la Universidad Politécnica de Kwantlen, Columbia Británica, Canadá y la participación de estudiantes de pregrado y posgrado de la citada universidad, y de la Universidad de Sancti Spíritus, cuya actividad se incrementará con la recién creada Sociedad Estudiantil sobre los bioproductos.

Los trabajos se enfocan en la relación del virus de la poliedrosis nuclear de múltiple nucleocápside de *Spodoptera frugiperda* (SfMNPV). Particularmente, se orientan a evaluar nuevas cepas del virus, optimizar la tecnología de producción masiva y utilizar en campo el producto (dosis, frecuencia de tratamientos, mezclas con otros productos, etc.). Adicionalmente, iniciar trabajos con un virus similar de *S. exigua*; el virus de la granulosis de *E. ello* e ir abordando la búsqueda de aislamientos nativos de virus que controlan a *P. xylostella*, en una primera etapa.

## CONCLUSIONES

A pesar de los grandes avances que ha tenido el control biológico en las últimas décadas, el desarrollo de los insecticidas virales en Cuba es casi nulo.

Los baculovirus tienen características que los hacen ideales para el manejo de plagas, dentro de ellas la especificidad, persistencia y posibilidad de reproducirse en la naturaleza y crear epizootias.

La facilidad de manejar los baculovirus para producciones “*in vivo*” en gran escala y a costos razonables los hacen atractivos para países en desarrollo.

La posibilidad de aprovechar las epizootias naturales o creadas con aplicaciones de inóculos virales hace factible que puedan ser utilizados por los campesinos entrenados para su propio autoabastecimiento.

Urge la necesidad de crear más grupos de trabajo en Cuba para dar un impulso definitivo y promover experiencias positivas que abran el camino al desarrollo del control biológico con el empleo de baculovirus.

## BIBLIOGRAFÍA

ABREU, R., O. MILÁN, E. MASSÓ, E. RIJO, S. CABALLERO, R. MARÍN (*et al.*). Manual de Metodologías de Reproducción de Artrópodos

Benéficos. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana. 2010, 134 p.

ARMAS, J.L. Programa de lucha biológica contra la palomilla del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). II Curso-Taller Nacional para la formación de Facilitadores en Lucha Biológica, INISAV, Caibarién, Villa Clara, Cuba. 2004, 7 p.

ARMAS, J.L., J.L. AYALA. Metodología para la cría continua de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en dieta artificial. *Centro Agrícola*, 17 (2): 78-85, 1990.

BELLOTTI, A.C., O.L. GUZMÁN. Biological control of de cassava hornworm, *Erinnyis ello* (Lep.: Sphingidae). *Florida Entomologist*, 75 (4): 506-515, 1992.

BILIMORIA, S. The biology of nuclear polihedrosis viruses. p. 1-72. In: Ed. E. Kurstak, M. Dekker. Viruses of invertebrates. Ink., New York. 1991, 351 p.

BRUNER, S.C. Reseña del control biológico en Cuba. *Agrotécnica*, 7 (5-6): 78-83, 1953.

CABALLERO, P. Y T. WILLIAMS. Virus entomopatógenos, pp. 121-135. En: Jacas, J.A., A. Urdaneta. Control biológico de plagas agrícolas. Eds. Phytoma, España. 2008, 496 p. ISBN: 78-84-935247-2-2.

CHAPMAN, J.W., T WILLIAMS, A. ESCRIBANO, R. CAVE AND D. GOULSON. Age-related cannibalism and horizontal transmission of nuclear polihedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. *Ecological Entomology*, 24: 268-275, 1999.

CORY, J.S. AND H.F. EVANS. Viruses. Pp. 149-174. In: L.A. Lacey and H.K. Kaya Eds. Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and other Invertebrates Pests. Springer, The Netherland. 2007, 868 p.

CORY, J.S. AND M. FRANKLIN. Evolution and the microbial control of insects. *Evol Appl.*, 5 (5): 455-469, 2012.

- EBERLE, K., J.A. JEHLE, J. HUBER. Microbial control of crop pest using insect viruses. Capítulo 10. En: Dharam P. Abrol and Uma Shankar Eds. Integrated Pest Management. University of Agricultural Sciences and Technology, Jammu, India. 2012. ISBN: 9781845938086, DOI: 10.1079/9781845938086.0000.
- FALCÓN, L.A. Viruses as alternatives to chemical pesticides in the Western Hemisphere. In: Summers, M.D. and C.Y. Kawanishi. Proc. Symp. Viral Pesticides: Present Knowledge and Potential Effects on Public and Environmental Health, Myrtle Beach. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., U.S. 1977, 11 p.
- FAO. El empleo de virus para combatir plagas de insectos vectores de enfermedades. Informe de Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Virus de Insectos. FAO, Roma, Italia. 1974, 59 p.
- FAUQUET, C.M., M.A. MAYO, J. MANILOFF, U. DESSELBERGER and L.A. BALL. Virus taxonomy, eighth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier, San Diego, USA. 2005.
- FUXA, J.R. Ecology of insect nucleopolyhedrosis. *Agric. Ecosyst. Eny.*, 103: 27-43, 2004.
- GRZYWACZ, D. Baculovirus biopesticides and their development worldwide. Natural Resources Institute, Greenwich, UK. 2012, 33 p.
- HARRISON, R., K. HOOVER. Baculoviruses and other occluded insect viruses. Cap.4. pags: 73-131. In: F. Vega and H. Kaya Eds. Insect Pathology. Academic Press, 2<sup>da</sup> Edición. 2012. DOI: 10.1016/B978-0-12-384984-7.00004-X.
- HENDERSON, D. y J.L. AYALA. Latin America: Cuba. pp: 51-58. En: Kabaluk, J.T., A.M. Svircev, M.S. Goettel and S.G. Woo (ed.). The Use and Regulation of Microbial Pesticides in Representative Jurisdictions Worldwide. IOBC Global. 2010, 99 p.
- KABALUK, J.T., A.M. SVIRCEV, M.S. GOETTEL AND S.G. WOO. The Use and Regulation of Microbial Pesticides in Representative Jurisdictions Worldwide. IOBC Global. 2010, 99 p.
- LASA, R., I. MORENO, P. CABALLERO, T. WILLIAMS. Application of juvenile hormone analogue and optical brightener technologies to the production of *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus. *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes. IOBC/Hprs Bulletin, Vol. 45:153-156*, 2009.
- MADAM, S., M. PRABAKAN, J. KWANG. Baculovirus as vaccine vectors. *Current Gene Therapy*, 10: 201-203, 2010.
- MOSCARDI, F. and D.R. SOSA-GÓMEZ. Microbial control of insect pest of soybean. P.411-26. In: L.A. Lacey and H.K. Kaya Eds. Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and other Invertebrates Pests. Springer, The Netherlands, 2007, 868 p.
- MUSHOBOZI, E., M. PARNELL, D. GRZYWACZ. A new control for an old pest in Africa. Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Kent, UK. 2003, 4 p.
- PÉREZ, N. Manejo ecológico de plagas. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural, La Habana, Cuba. 2004, 296 p. ISBN: 9789592460836.
- STORER, N.P., J.M. BABCOCK, M.T. SCHLENZ, G.D. THOMPSON, J.W. BING, R.M. HUCKABA. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. *Journal of Economic Entomology*, 103: 1031-1038, 2010.
- STRAUCH, O., H. STRASSER, R. EHLERS AND R. HAUSCHILD. Proposals for improved regulatory procedures for microbial BCAs. Ralf-Udo Ehlers, Christian-Albrechts-University of Kiel, Alemania. 2007, 40 p.