

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2012

## **BIOPLAGUICIDAS: UNA OPCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS**

Eusebio Nava-Pérez; Cipriano García-Gutiérrez; Jesús Ricardo Camacho-Báez y Elva  
Lorena Vázquez-Montoya

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 17-29.



**e-revist@s**

## BIOPLAGUICIDAS: UNA OPCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS

### BIOPESTICIDES: AN OPTION FOR THE BIOLOGICAL PEST CONTROL

Eusebio Nava-Pérez<sup>1</sup>; Cipriano García-Gutiérrez<sup>1</sup>; Jesús Ricardo Camacho-Báez<sup>1</sup>; Elva Lorena Vázquez-Montoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesor investigador. CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joaquín Guasave, Sinaloa. Tel 01 (687) 872 96 25 y 26 ext. 87666. enavap@ipn.mx. <sup>2</sup>Estudiante. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. CIIDIR-Sinaloa IPN.

#### RESUMEN

Se señala el uso indiscriminado de los plaguicidas sintéticos y los problemas que causan para la salud humana, la agricultura y el medio ambiente, y se presentan aspectos generales de los bioplaguicidas y su empleo en el control biológico de plagas. Por su naturaleza, estos productos pueden usarse con seguridad en una agricultura sustentable, y un ejemplo de esto es el uso de los plaguicidas botánicos cuyo ingrediente activo son los terpenos, alcaloides y compuestos fenólicos con efecto insecticida para diversas plagas agrícolas, además son menos costosos, son biodegradables y seguros para el ser humano y el medio ambiente, aunque tienen poca residualidad. Los plaguicidas microbianos están siendo introducidos con éxito en el control de plagas de cultivos como café, caña de azúcar, frijol y maíz. Estos productos son elaborados a base de bacterias, hongos, virus o nematodos entomopatógenos. Sin embargo, pocos agentes entomopatógenos se han desarrollado como agentes de biocontrol efectivo, uno de ellos es la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner) para el control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E Smith) abarcando cerca del 74% del mercado, los hongos 10%, los virus 5% y otros el 11%. Otro caso sobresaliente es el uso del hongo *Beauveria bassiana* (Bálsamo) contra el gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say). Los bioplaguicidas anteriores han demostrado que al ser utilizados en forma adecuada en el control biológico de plagas favorecen la práctica de una agricultura sustentable, con menor dependencia de insecticidas químicos.

**Palabras clave:** Control biológico, bioplaguicidas, agricultura sustentable, pesticidas.

#### SUMMARY

The indiscriminate use of synthetic pesticides and the problems that its cause to human health, agriculture and the environment is comment, this paper also present general aspects about of biopesticides, and their uses in the biological pest control. By the nature these can be safely used in a sustainable agriculture. An example is the use of botanical pesticides whose active ingredient are the terpenes, alkaloids and phenolics, these have insecticide effects for many agriculture pests; also its are less expensive, are biodegradable and safe for humans and the environment, however have little residuality. Microbial pesticides are being introduced successfully to pests control in important crops such as; coffee, sugar cane, beans and corn. These products contain bacteria, fungi, viruses or nematodes. However, few entomopathogenic agents have been developed as effective biocontrol agents, one of them is the bacterium *Bacillus thuringiensis* (Berliner) for control of armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) covering about 74% of the market, fungus 10% , viruses 5% and 11% others. Other upstanding case is the use of the fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) against bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say). Biopesticides have shown that when are used properly in the biological pest control its favor the practice of a sustainable agriculture, with less dependence of chemical insecticides.

**Key words:** Biological control, biopesticides, sustainable agriculture, pesticides.

#### INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna se ha consensado que la practica actual enfrenta una crisis ambiental. En relación a esto, algunos investigadores abordan la sustentabilidad a largo plazo en los sistemas de producción agrícola. Es evidente que aún cuando el sistema agrícola vigente aplica en forma intensiva capital y tecnología, para ser altamente productivo y competitivo, acarrea también una sucesión de problemas de tipo económico, social y ambiental (Conway y Pretty, 1991).

La disminución del rendimiento debido a las plagas alcanza entre un 20-30% en la mayoría de los cultivos, a pesar del incremento substancial en el uso de plaguicidas (cerca de 500 mil de toneladas de ingrediente activo a nivel mundial) esto es un síntoma de la crisis ambiental que afecta a la agricultura. Por otro lado, las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente a los enemigos naturales de las plagas, los que a su vez no encuentran las condiciones necesarias para reproducirse y así poder suprimir biológicamente a las plagas en los monocultivos. Debido a esta ausencia de controles naturales, los agricultores estadounidenses invierten anualmente cerca de 40 billones de dólares en plaguicidas, y se estima que el ahorro en pérdidas por plagas es de 16 billones de dólares. Sin embargo, el costo indirecto del uso de plaguicidas por los daños al medio ambiente y a la salud pública debe ser balanceado contra estos beneficios (Altieri y Nicholls, 2000).

Los costos ambientales (impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, enemigos naturales, peces, calidad de agua y suelo) y el costo social (envenenamiento de trabajadores, etc.), asociados al uso de plaguicidas, alcanza cerca de 8 billones de dólares cada año (Pimentel y Lehman, 1993). La intensificación de diversos cultivos es la causa principal de este aumento, el cual incluye plaguicidas tóxicos, muchos de los cuales se pueden vincular con problemas de cáncer (Liebman, 1997). De acuerdo a la OMS, entre 500,000 y 1 millón de personas se intoxican con plaguicidas químicos anualmente y entre 5,000 y 20,000 pierden la vida. Más del 50 % de los que fallecen son trabajadores agrícolas, los demás son envenenamientos por consumo de alimentos contaminados. Entre los dos grupos la mortalidad alcanza la cantidad de 220 mil muertes al año (OMS, 1990; Eddleston *et al.*, 2002).

En los países subdesarrollados se tiene un gran número de fallecimientos debido a envenenamiento por plaguicidas sintéticos. Este tipo de intoxicación es un problema, principalmente por la aplicación de estos productos sin protección e inadecuada manipulación y se agrava, debido al analfabetismo y la pobreza de las comunidades agrícolas. Los plaguicidas clasificados como extremada o altamente peligrosos por la FAO y la OMS, incluidos los prohibidos, se siguen utilizando en los países en desarrollo. Muchos agricultores siguen expuestos a los plaguicidas, ya sea al almacenarlos o por estar cerca de los lugares donde se aplican.

Los efectos del consumo y manipulación inadecuada de los plaguicidas químicos pueden ser agudos como: vómitos, abortos, cefaleas, somnolencia, alteraciones en el comportamiento, convulsiones, coma e inclusive la muerte y están asociados a accidentes donde una dosis alta es suficiente para provocar alteraciones que se manifiestan rápidamente y también crónicas como el cáncer. De igual manera, se han encontrado malformaciones congénitas, neuropatías periféricas y dolores indistintos, asociados a exposiciones repetidas de este tipo de productos químicos. Los síntomas de este tipo de problemas surgen después de un largo período de exposición, lo que hace difícil su detección debido a que su biotransformación es lenta y provoca efectos acumulativos en las personas (Potti *et al.*, 2003; Martínez y Gómez, 2007).

### **Los bioplaguicidas**

Los biopesticidas son derivados de materiales naturales como animales, plantas, microorganismos y minerales. Los bioplaguicidas son altamente específicos contra las plagas objetivo y generalmente representan poco o ningún riesgo para las personas o el medio ambiente. Los pesticidas tradicionales, por el contrario, en general son materiales sintéticos, que no sólo afectan a la plaga objetivo, sino también organismos no deseados, tales como insectos benéficos, la vegetación circundante y la vida silvestre. (EPA, 2010). Sin embargo, existen algunos inconvenientes en cuanto al uso de los bioinsecticidas, por ejemplo estos pueden ser dañinos para otros organismos que no son el objetivo, o si se trata de un organismo bioregulador, este elimine a otro que es importante en la cadena trófica de un ecosistema, lo que repercutiría en la población de individuos que se alimentan del insecto plaga que se está tratando de regular (Simberloff, 2012; Kehrlí y Wratten, 2011). Por lo tanto debemos tener cuidado cuando se quiera utilizar algún bioinsecticida o introducir algún organismo para este fin.

Los bioplaguicidas son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación del medio ambiente. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura. El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente a una cantidad de los plaguicidas químicos. En la producción agrícola, en ambientes libres de contaminación, los bioplaguicidas son sustitutos ideales para sus homólogos químicos tradicionales (Leng *et al.*, 2011).

Los bioplaguicidas se dividen en general en dos grandes grupos: agentes o plaguicidas microbianos, que incluyen las bacterias, hongos, virus y protozoos, y agentes o plaguicidas

bioquímicos, que comprenden los atrayentes, hormonas, reguladores del crecimiento de plantas e insectos, enzimas y sustancias de señalización química, muy importantes en la relación planta-insecto (Alfonso, 2002).

### **Plaguicidas botánicos**

Los plaguicidas botánicos son derivados de algunas partes o ingredientes activos de las plantas. En los últimos años, la aplicación de varios productos de plantas medicinales ha llamado mucho la atención como alternativas efectivas a los pesticidas sintéticos. Estos productos vegetales son muy eficaces, menos costosos, biodegradables y más seguros que sus equivalentes sintéticos, los cuales son altamente persistentes en el medio ambiente y tóxico para los organismos no blanco, incluidos los humanos a los cuales le causan muchas de las enfermedades no identificadas después de la bioacumulación (Singh *et al.*, 1996; Leng *et al.*, 2011).

Se ha demostrado que estos compuestos afectan a las poblaciones de insectos, disminuyen la supervivencia de desarrollo y la tasa de reproducción (Singh y Jain, 1987; Carlini y Grossi, 2002). Varias plantas que pertenecen a diferentes familias contienen una serie de fitoquímicos tales como saponinas, taninos, alcaloides, di y triterpenoides, entre otros, los cuales presentan alta actividad insecticida. El efecto nocivo de los extractos de plantas o sus compuestos puros contra los insectos se puede manifestar de diversas maneras, incluyendo la toxicidad, la mortalidad, inhiben el crecimiento, la supresión de comportamiento reproductivo y reducen la fertilidad y la fecundidad (BenJannet *et al.*, 2001).

Siguiendo el criterio de organismos internacionales como la Comunidad Económica Europea, la Agencia para la Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) y la FAO, las diferencias fundamentales con los plaguicidas químicos convencionales consisten en su modo de acción, que no es por la vía de toxicidad directa, sino la pequeña concentración en el material vegetal, y su especificidad para la especie a combatir (EPA, 1988). Existen muchas estructuras diferentes de metabolitos secundarios, que superan a las de los primarios. Entre los más comunes podemos citar:

**Terpenos.** Son los principales componentes de los aceites esenciales, provocan repelencia, inapetencia y evitan la oviposición.

**Fenoles.** Son compuestos hidroxilados que pueden actuar como antialimentarios; otros como los taninos actúan como barrera por su sabor amargo, y las cumarinas inhiben el crecimiento de hongos y son tóxicas para nemátodos, ácaros e insectos.

**Alcaloides.** Son el grupo con mayor diversidad en cuanto a metabolitos secundarios, tiene una gran variedad de efectos tóxicos; un ejemplo de ellos es la nicotina.

**Glicósidos cianogénicos.** Liberan cianuro cuando se hidrolizan, por lo que son tóxicos y repelentes.

**Compuestos azufrados.** Los más importantes son los tiofenos, los cuales tiene acción insecticida y nematocida.

**Flavonoides.** Son compuestos que proporcionan color a las plantas y flores, por ejemplo, la rotenona. Actúan como inhibidores enzimáticos y tienen actividad repelente.

La Agricultura Orgánica promueve el equilibrio entre el desarrollo agrícola y los componentes del agroecosistema, y por esto los plaguicidas botánicos, aplicados tanto preventivamente como para controlar un ataque severo de plagas, respetan este principio, porque además de su efecto tóxico y/o repelente, se descomponen rápidamente y no causan resistencia. En el Cuadro 1, se presentan diferentes plantas que se utilizan como bioinsecticidas (Alfonso, 2002).

**Cuadro 1. Plantas que contienen metabolitos con propiedades bioinsecticidas.**

| <b>Familia y especie</b>                       | <b>Nombre Común</b>      | <b>Parte planta</b>         | <b>Actividad biológica</b>                   | <b>Compuestos</b>  |
|--|--------------------------|-----------------------------|--|--|
| <b>Euphorbiaceae</b><br><i>Jatropha curcas</i> | Piñón botija             | Semillas,<br>aceite         | Insecticida,<br>molusquicida                 | Triterpenos, quinonas,<br>glucósidos<br>cianogénicos,<br>flavonoides |
| <b>Apocynaceae</b><br><i>Nerium oleander</i>   | Adelfa,<br>rosa francesa | Hojas                       | Insecticida,<br>alelopática,<br>molusquicida | Cardiotónicos,<br>flavonoides,<br>esteroides-triterpenos             |
| <b>Asteraceae</b><br><i>Bidens pilosa</i>      | Romerillo<br>Blanco      | Flores,<br>planta<br>entera | Insecticida                                  | Alcaloides   |

Continuación...

| <b>Familia y especie</b>                          | <b>Nombre Común</b>          | <b>Parte planta</b>          | <b>Actividad biológica</b>                    | <b>Compuestos</b>                                   |
|---|------------------------------|------------------------------|---|---|
| <i>Parthenium<br/>hysterophorus</i>               | Escoba<br>amarga             | Hojas,<br>planta<br>entera   | Insecticida,<br>fungicida                     | Alcaloides  |
| <i>Tagetes erecta</i>                             | Flor de<br>muerto            | Flores,<br>planta<br>entera  | Nematicida,<br>insecticida,<br>acaricida      | Tiofenos, fenoles,<br>flavonoides, cumarinas        |
| <i>Tagetes patula</i>                             | Damasquina                   | Flores,<br>planta<br>entera  | Nematicida,<br>insecticida,<br>acaricida      | Tiofenos, fenoles<br>flavonoides, cumarinas         |
| <i>Cichorium intybus</i>                          | Achicoria<br>dulce           | Planta<br>entera             | Insecticida                                   | Flavonoides, fenoles                                |
| <i>Conyza<br/>aegyptiaca</i>                      | Cola de<br>caballo           | Planta<br>entera             | Insecticida                                   | Flavonoides, fenoles                                |
| <i>Sonchus oleraceus</i>                          | Cerraja,<br>Endivia          | Planta<br>entera             | Insecticida                                   | Flavonoides, fenoles                                |
| <i>Bacharis glutinosa</i>                         | Batamote,<br>jarilla         | Planta<br>entera             | Insecticida                                   | Flavonoides, fenoles                                |
| <b>Cannaceae</b><br><i>Canna edulis</i>           | Canna, achira                | Hojas,<br>rizomas            | Insecticida,<br>Molusquicida                  | Fenoles, triterpenos<br>esteroides, cumarinas       |
| <b>Meliaceae</b><br><i>Azadirachta<br/>indica</i> | Árbol del<br>nim,<br>Margosa | Semillas,<br>hojas<br>aceite | Insecticida,<br>antialimentario,<br>fungicida | Triterpenos,<br>azadiractina                        |
| <i>Guarea guara</i>                               | Yamao,<br>guarea             | Hojas                        | Insecticida                                   | Terpenos, aceites<br>volátiles, taninos,<br>fenoles |
| <i>Melia azedarach</i>                            | Paraíso                      | Fruto,                       | Insecticida,                                  | Triterpenos, alcaloides                             |

|                                |                                  |                        |  |  |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------|--|--|
|                                |                                  | aceite, hojas          | antialimentario                          |  |
| <b>Fabaceae</b>                |                                  |                        |  |  |
| <i>Canavalia ensiformis</i>    | Nescafé                          | Semillas               | Insecticida<br>molusquicida              | Aminoácidos,<br>antocianidinas,<br>poliuronidos                |
| <i>Canavalia gladiata</i>      | Frijol<br>machete                | Semillas               | Insecticida<br>molusquicida              | Taninos, triterpenos,<br>esteroides, saponinas,<br>aminoácidos |
| <b>Solanaceae</b>              |                                  |                        |  |  |
| <i>Brugmansia candida</i>      | Campana                          | Flores,<br>hojas       | Insecticida,<br>acaricida                | Alcaloides   |
| <i>Datura stramonium</i>       | Chamico                          | Flores,<br>hojas       | Nematicida,<br>insecticida               | Alcaloides,<br>flavonoides                                     |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> | Tomate                           | Hojas,<br>frutos       | Insecticida                              | Alcaloides, fenoles,<br>cumarinas                              |
| <i>Solanum globiferum</i>      | Güirito<br>espinoso              | Frutos                 | Molusquicida,<br>antiviral               | Alcaloides esteroidales  |
| <i>Solanum mammosum</i>        | Güirito de<br>pasión,<br>Pechito | Frutos                 | Molusquicida                             | Alcaloides esteroidales  |
| <b>Rutaceae</b>                |                                  |                        |  |  |
| <i>Zanthoxylum cubense</i>     | Ayúa blanca                      | Planta<br>entera       | Fungicida,<br>bactericida                | Alcaloides, quinonas,<br>taninos, fenoles,<br>flavonas         |
| <i>Zanthoxylum fagara</i>      | Amoroso,<br>Limoncillo           | Planta<br>entera       | Fungicida,<br>insecticida<br>bactericida | Alcaloides, quinonas,<br>taninos, fenoles,<br>saponinas        |
| <i>Citrus aurantifolia</i>     | Lima, limón<br>dulce             | Cáscara de<br>la fruta | Insecticida                              | Flavonoides, fenoles   |

Continuación...

| <b>Familia y especie</b>   | <b>Nombre Común</b> | <b>Parte planta</b>    | <b>Actividad biológica</b>            | <b>Compuestos</b>                 |
|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Myrtaceae</b>           |                     |                        |                                       |                                   |
| <i>Eucalyptus globulus</i> | Eucalipto           | Fruto, hoja            | Insecticida<br>Repelente<br>Fungicida | Terpenos, flavonoides,<br>fenoles |
| <b>Piperaceae</b>          |                     |                        |                                       |                                   |
| <i>Piper nigrum</i>        | Pimienta            | Semilla                | Insecticida                           | Taninos, alcaloides               |
| <b>Punicaceae</b>          |                     |                        |                                       |                                   |
| <i>Punica granatum</i>     | Granada             | Cáscara de<br>la fruta | Insecticida,<br>bactericida           | Flavonoides, fenoles              |
| <b>Salicaceae</b>          |                     |                        |                                       |                                   |
| <i>Salix salsaf</i>        | Sauce               | Hojas                  | Insecticida                           | Fenoles                           |

(Alfonso, 2002; Nava *et al.*, 2010; Mansour *et al.*, 2012).**Plaguicidas microbianos**

El costo de producción de los bioplaguicidas está en función de los precios de la mano de obra y de la tecnología a utilizar, los cuales varían constantemente. Los medios de cultivo que usan ingredientes baratos, como los cereales producidos localmente, reducen considerablemente los costos de producción (Hoti y Balaraman, 1990). Los patógenos que se utilizan en la formulación de un plaguicida microbiano deben ser efectivos y tener una alta especificidad y patogenicidad contra

una o más plagas de un cultivo de importancia económica o social, lo cual permite asegurar un buen mercado (García-Gutiérrez *et al.*, 2006a).

La investigación con este tipo de productos empezó buscando productos que controlaran las plagas pero que al mismo tiempo no afectaran a los enemigos naturales como lo hacen los plaguicidas químicos. La mayoría de los insecticidas microbianos son degradados rápidamente después de su aplicación, aunque algunos tienen la capacidad de reproducirse en condiciones de campo (Van Driesche *et al.*, 2007a). El grupo de microorganismos entomopatógenos es variado y diverso. Entre ellos se encuentran un amplio grupo de virus, bacterias, nematodos y hongos entre otros (Cuadro 2). Cada uno de estos subgrupos se compone de un número de organismos que varían en su manera de infectar, el sitio en que se replican, y el mecanismo patogénico. Mientras que algunos patógenos presentan rangos de hospederos muy amplios, la mayoría prefieren ciertas especies de insectos. También difieren en cuanto a su patogenicidad selectiva de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo del insecto huésped (Aronson *et al.*, 1998).

**Cuadro 2. Microorganismos y agentes patógenos de insectos.**

| <b>Grupo</b>     | <b>Especies representativas</b>  | <b>Insectos susceptibles</b>   |
|------------------|--|--|
| Virus            | <i>Virus de la poliedrosis nuclear</i><br><br><i>Adoxophyes orana granulovirus (GV) + Homona magnanima GV</i><br><br>Virus de la granulosis<br>Virus de la poliedrosis nuclear de la mosca de la sierra del pino<br>Virus de la poliedrosis nuclear  | Lepidóptera, Himenóptera, Coleóptera, Díptera, Neuróptera, Ortóptera, Trichoptera, Hemíptera, y otros<br>Algunas polillas ( <i>Adoxophyes honmai</i> y <i>Homona magnanima</i> )<br>Corta hojas de la vid ( <i>Byctiscus betulae</i> ), Palomilla de la manzana ( <i>Cydia pomonella</i> )<br>Mosca de la sierra del pino ( <i>Diprion similis</i> )   |
| Continuación.... |  |  |
| <b>Grupo</b>     | <b>Especies representativas</b>  | <b>Insectos susceptibles</b>   |
| Virus            | Virus de la poliedrosis nuclear de <i>Heliothis virescens</i><br>Virus de la poliedrosis nuclear de la polilla <i>Gypsi</i> sp.<br>Virus de la poliedrosis nuclear de la polilla Tussok<br>Virus de la poliedrosis nuclear de <i>Mamestra brassicae</i><br><br>Virus de <i>Spodoptera exigua</i> | Gusano bellotero ( <i>Heliothis virescens</i> )<br>Polilla gitana asiática ( <i>Lymantria dispar</i> )<br>Polilla del montecillo de hierba del douglas-abeto ( <i>Orgyia pseudotsugata</i> )<br>Gusano falso medidor ( <i>Trichoplusia ni</i> ), Gusano del fruto ( <i>Heliothis suflexa</i> ), Polilla de gusano bellotero del algodón ( <i>Diparopsis cactanea</i> ), Palomilla de la papa ( <i>Phthorimaea operculella</i> )<br>Gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> ) |
| Rickettsia       | <i>Rickettsiella melolonthae</i>   | Coleóptera, Díptera, Ortóptera   |
| Hongos           | <i>Beauveria bassiana</i><br><br><i>Metarhizium anisopliae</i>   | Lepidóptera, Homóptera, Himenóptera, Coleóptera, Díptera (Trips, mosca blanca)<br>Lepidóptera, Homóptera, Himenóptera<br>Coleóptera, Díptera (Trips, mosca blanca,   |

|           |   |  |
|-----------|---|--|
|           | <i>M. flavoviride</i>                               | cucarachas)                                    |
|           | <i>Verticillium lecanii</i>                         | Cucarachas                                     |
|           | <i>Isaria fumosorosea</i>                           | Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )         |
|           | <i>Lecanicillium longisporum</i>                    | Áfidos, mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> y |
|           | <i>Lagenidium giganteum</i>                         | <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )             |
|           |   | Áfidos   |
|           |   | Mosquitos                                      |
| Bacterias | <i>Bacillus popillae</i>                            | Escarabajos                                    |
|           | <i>B. thuringiensis</i>                             | Lepidóptera, Díptera                           |
|           | <i>Bacillus thuringiensis</i> var.                  | Larvas de lepidópteros                         |
|           | <i>kurstaki</i>                                     |  |
|           | <i>Bacillus thuringiensis</i> var.                  | Larvas de lepidópteros                         |
|           | <i>aizawai</i>                                      |  |
|           | <i>B. sphaericus</i>                                | Mosquitos                                      |
|           | <i>B. thuringiensis</i> var.                        | <i>Galleria mellonella</i>                     |
|           | <i>aizawai</i>                                      | Larvas de dípteros (mosquitos, mosca negra)    |
|           | var. <i>israelensis</i>                             | Larvas de lepidópteros                         |
|           | var. <i>kurstaki</i>                                | Larvas de coleópteros (escarabajos)            |
|           | var. <i>xentari</i>                                 | Larvas de coleópteros                          |
|           | var. <i>tenebrionis</i>                             | <i>Malacosoma</i> spp.                         |
|           | <i>Clostridium malacosome</i>                       | Patógenos oportunistas con especies            |
|           | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                       | susceptibles en los taxones de insectos más    |
|           |   | importante                                     |
|           | <i>P. fluorescens</i>                               | Lepidópteros (orugas), Escarabajo de la papa   |
|           |   | ( <i>Leptinotarsa decemlineata</i> )           |
|           | <i>P. fluorescens</i> + <i>B.t.</i> <i>kurstaki</i> | Lepidópteros (orugas)                          |
|           | toxin   |  |
|           | <i>P. fluorescens</i> + <i>B.t.</i> San             | Escarabajo de la papa ( <i>Leptinotarsa</i>    |
|           | Diego toxin   | <i>decemlineata</i> )                          |
|           | <i>P. fluorescens</i> + <i>B.t.</i> toxin           |  |
|           | <i>Xenorhabdus nematophilus</i>                     | Piral del maíz ( <i>Ostrinia nubilalis</i> )   |
|           |   | Los insectos susceptibles al nematodo          |
|           |   | <i>Steinernema felsiae</i> (amplio rango de    |
|           |   | hospederos)                                    |
| Nemátodos | <i>Steinernema carpocapsae</i>                      | Los gorgojos, gusano cortador negro, gusano    |
|           |   | cortador común, polilla del melocotón          |
|           | <i>Steinernema glaseri</i>                          | Gusanos blancos, gorgojos, gusano cortador     |
|           |   | negro, Gusano azul, gusano cortador de césped  |
|           |   | Gusano cogollero ( <i>S. frugiperda</i> )      |
|           | <i>Heterorhabditis</i>                              |  |
|           | <i>bacteriophora</i>                                |  |
| Protozoo  | <i>Nosema locustae</i>                              | Saltamontes, langostas                         |

Tomado de: (Aronson *et al.*, 1998; Fernández y Juncosa, 2002; Andaló, *et al.*, 2010; Leng *et al.*, 2011).

### Plaguicidas bacterianos

En los últimos años, varias especies de bacterias patógenas han sido aisladas, se han desarrollado como pesticidas y utilizadas con éxito en el control biológico de insectos en todo el mundo (Demir *et al.*, 2012). Las bacterias más patogénicas se introducen a los hospederos cuando estos comen alimento contaminado. Estas bacterias se multiplican en el aparato digestivo de los insectos, produciendo algunas enzimas (como la lecitinasa y las proteinasas) y toxinas, las cuales dañan las células del intestino medio y facilitan la invasión del hemocele del insecto. Los pasos que siguen a la infección varía según el tipo de bacterias. Habitualmente, una vez que invaden el hemocele, se multiplican y matan al hospedero por septicemia, por la acción de toxinas o por ambos. En numerosos casos, antes de morir, el insecto huésped pierde el apetito y deja de alimentarse. En otras ocasiones los hospederos infectados pueden defecar o vomitar, distribuyendo con esto el

organismo entomopatógeno. Los insectos que fallecen por una infección bacteriana, generalmente se tornan oscuros y su cuerpo se pone flácido. Los tejidos pueden hacerse viscosos y tener olor a podrido. Algunas bacterias infectan a la progenie de los insectos ya sea en los huevos o dentro de estos tal como el caso de *Serratia marcescens* Bizio en la langosta café *Locustana pardalina* (Van Driesche *et al.*, 2007b).

Desde su descubrimiento como un insecticida microbiano *B. thuringiensis* ha sido ampliamente utilizado para controlar plagas de insectos importantes en la agricultura, la silvicultura y la medicina. La gran variedad de formulaciones a base de cristales complejos de esporas destinados a ser ingeridos por el insecto objetivo, son el resultado de muchos años de investigación. El desarrollo de una gran variedad de matrices del complejo espора-cristal permite mejoras, tales como un aumento de la actividad tóxica, mayor palatabilidad a los insectos, o tiempos más largos de conservación. Estas matrices utilizan productos químicos, vegetales o animales, que están constituidos de tal manera que favorecen el contacto entre los cristales y los insectos, sin dañar a los seres humanos o el medio ambiente. Las empresas de biotecnología tienen la tarea de la producción de este tipo de bioinsecticidas no sólo deben proporcionar formulaciones adaptadas a determinados cultivos y plagas de insectos, sino que también deben buscar y producir bioinsecticidas basados en las nuevas cepas de alta potencia y que sean originarias de los agroecosistemas donde se van a aplicar. Se espera que los nuevos productos que aparezcan en el mercado, proporcionen un espectro de mayor actividad que impacten en un número mayor de plagas en otros cultivos y puedan ayudar a desarrollar una agricultura sustentable (Rosas, 2009). La especificidad estricta de *B. thuringiensis* (*Bt*), para ciertas especies de insectos se considera como una gran ventaja para su uso agrícola, ya que los efectos sobre los insectos no blanco, incluidos los depredadores y parasitoides, son mínimos (García-Gutiérrez *et al.*, 2006a; Dror *et al.*, 2009).

### Plaguicidas virales

La familia Baculoviridae es la más numerosa y estudiada de los virus entomopatógenos. Esta familia agrupa a virus de ADN de doble cadena cuyos viriones están característicamente incluidos en una matriz proteínica llamado poliedro o cuerpo de inclusión (OB del inglés *occlusion body*) (Theilmann *et al.*, 2005). Los baculovirus como insecticidas microbianos son herramientas ideales en el manejo integrado de plagas (MIP), ya que son altamente específicos con sus insectos huésped, por lo tanto es seguro para el medio ambiente, los seres humanos, plantas, y enemigos naturales (Yasuhisa, 2007;. Ahmad *et al.*, 2011). Se han utilizado más de 50 productos de baculovirus para controlar diferentes plagas de insectos en todo el mundo. El uso del nucleopoliedrovirus de *Anticarsia gemmatalis* NPV (AgMNPV) para controlar *A. gemmatalis* en soya en Brasil fue un programa exitoso y fue considerado como el más importante en el mundo (Ahmad *et al.*, 2011; Moscardi, 1999).

Este virus fue utilizado en cerca de 2 millones de hectáreas durante la temporada 2003-2004 en Brasil, aproximadamente el 10% de la superficie de cultivo de soya en el país (Moscardi, 2007). En China, el nucleopoliedrovirus de *Helicoverpa armigera* SNPV (HaSNPV), se aplica en algodón, soya, maíz y cultivos de tomate, después de que se autorizó por primera vez como insecticida microbiano comercial en 1993. Hasta la fecha, por lo menos 24 insecticidas a base de baculovirus han sido o son actualmente utilizados en China, 12 de los cuales no están registrados. Sin embargo, la prevención química sigue siendo la principal medida para el manejo de las plagas de insectos en China (Sun y Peng, 2007).

Se requieren programas y políticas eficaces de parte del gobierno, tanto en el campo como en el ámbito educativo de los agricultores y la población en general, para extender el uso de los insecticidas virales, así como para el posterior desarrollo de los sistemas de producción y el uso de estos insecticidas (Yang *et al.*, 2012).

La utilidad y efectividad de los baculovirus para el control de las plagas, tanto en cultivos agrícolas como en ecosistemas forestales, han sido ampliamente demostradas (Cherry y Williams, 2001). Actualmente se comercializan más de treinta bioinsecticidas basados en baculovirus contra algunas

de las plagas más importantes en el ámbito mundial. En algunas partes del mundo, se ha demostrado que la utilización de bioinsecticidas basados en baculovirus puede reducir de forma significativa el consumo de plaguicidas químicos (Moscardi, 1999).

Los bioinsecticidas a base de baculovirus son agentes de control ideales para ser usados en los programas de manejo integrado de plagas y su acción insecticida es útil: 1) contra aquellas especies fitófagas que han desarrollado resistencia múltiple o cruzada a los insecticidas químicos de síntesis y 2) en los programas de control donde se incluyen agentes biológicos de control susceptibles a la acción de los insecticidas químicos (Rodgers, 1993).

### Micoinsecticidas

Los micoinsecticidas (productos formulados con hongos entomopatógenos) constituyen una pequeña fracción de los biopesticidas. Sin embargo, el incremento en el costo de producción de los pesticidas químicos, la resistencia desarrollada por las plagas y la presión que existe por reducir la contaminación en el ambiente han asegurado el creciente interés en estrategias alternativas para el manejo de plagas incluyendo a los hongos entomopatógenos (Butt *et al.*, 2001). Existen más de 700 especies en 100 géneros en el mundo, pero pocos son estudiados intensivamente. Este tipo de microorganismos se encuentran asociados con insectos que viven en diversos hábitats, como el agua, suelo y partes aéreas; por su forma característica de infección, son los microorganismos más importantes que infectan insectos chupadores como áfidos, mosquita blanca, escamas, chicharritas y chinches (Alatorre, 2007).

El hongo invade la hemolinfa, por lo que la muerte del insecto se debe a una combinación de daños mecánicos producidos por el crecimiento del hongo, desnutrición y por la acción de los metabolitos secundarios o toxinas que el hongo produce (Chul *et al.*, 1999). Durante el proceso de invasión, se producen cuerpos hifales y protoplastos que carecen de una pared celular, por lo que no son detectados por los hemocitos del insecto, lo que provoca que el hongo se disperse en el insecto para adquirir nutrientes, ocasionándole la muerte (Pell *et al.*, 2001).

Para seleccionar o aislar una raza se debe tomar en cuenta la susceptibilidad del insecto y el estado de desarrollo del huésped. La patogenicidad de un organismo es un término cualitativo y se refiere a la calidad o capacidad potencial de producir una enfermedad en otro organismo (Shapiro *et al.*, 2005; García-Gutiérrez *et al.*, 2006b; Rodríguez del Bosque, 2007). Algunos hongos patógenos de insectos han restringido el rango de hospederos, mientras que otras especies de hongos tienen un amplio rango de hospederos, por ejemplo, *Metarhizium anisopliae*, *M. flavoviridae*, *Paecilomyces farinosus*, *Beauveria bassiana* y *B. brongniartii* (Alatorre, 2007). En el Cuadro 3 se presentan algunos productos comerciales a base de hongos entomopatógenos que ya se encuentran en el mercado.

**Cuadro 3. Bioinsecticidas a base de hongos entomopatógenos.**

| Agente biológico          | Nombre comercial  | Huéspedes   | País           |
|---------------------------|---|---|----------------|
| <i>Beauveria bassiana</i> | BEA-SIN   | Lepidópteros  | México-Sinaloa |
| <i>B. bassiana</i>        | AGO<br>BIOCONTROL   | Coleóptera/<br>Hemíptera/<br>Lepidóptera/ Díptera                   | Colombia       |
| <i>B. bassiana</i>        | OSTRINIL  | <i>Ostrinia nubilalis</i>   | Francia        |
| <i>B. bassiana</i>        | MYCOTROL WP Y<br>ES<br>BOTANICAL<br>GARD ES,<br>CORNGARD ES | Hemíptera/<br>Heteróptera/<br>Coleóptera/ Ortóptera/<br>Lepidóptera | E.U.A.         |
| <i>B. bassiana</i>        | BOTANI GARD   | Trips, mosca blanca,<br>polilla dorso de<br>diamante                | Japón          |

|                                       |  |   |                   |
|---------------------------------------|--|---|-------------------|
| <i>B. bongniartii</i>                 | ENGERLINGSPILZ   | <i>Melolontha melolontha</i>                            | Suiza             |
| <i>B. brongniartii</i>                | AGO-BIOCONTROL<br>BEAUVERIA 50                             | Coleóptera/<br>Hemíptera/ Díptera                       | Colombia          |
| <i>Beauveria</i> y <i>Metarhizium</i> | <i>Beauveria</i> Schweizer<br><i>Metarhizium</i> Schweizer | Insectos/pastos   | Suiza             |
| <i>Lagenidium giganteum</i>           | LAGINEX  | Mosquitos   | E.U.A.            |
| <i>M. anisopliae</i>                  | SALTGREEN  | <i>Aneolamia</i> spp,<br><i>Prosapia</i>                | México-Córdoba    |
| <i>M. anisopliae</i>                  | BIOGREEN   | <i>Adoryphouse couloni</i>                              | Australia         |
| <i>M. anisopliae</i>                  | FITOSAN  | <i>Phyllophaga</i> spp.                                 | México-Guanajuato |
| <i>M. anisopliae</i>                  | GREEN MUSCLE   | <i>Locusta pardalina</i> y otras langostas y chapulines | Sudáfrica         |
| <i>Isaria fumosorosea</i>             | AGO-BIOCONTROL<br>PAECILOMYCES 50                          | Coleóptera/<br>Nematodos                                | Colombia          |
| <i>P. fumosoroseus</i>                | PAE-SIN  | Mosquita blanca   | México-Sinaloa    |
| <i>P. fumosoroseus</i>                | PREFERD  | Mosquita blanca, áfidos                                 | Japón             |
| <i>Nomurea rileyi</i>                 | AGO-BIOCONTROL<br>NOMUREA 50                               | Lepidóptera   | Colombia          |
| <i>Verticillium lecanii</i>           | APHIN  | <i>Brevycorine brassicae</i>                            | México            |
| <i>V. lecanii</i>                     | VERTALEC   | Áfidos  | Suiza             |
| <i>V. lecanii</i>                     | MYCOTAL  | Mosquita blanca/ trips                                  | Holanda/Suiza     |
| <i>Lecanicillium longisporum</i>      | VERTALEC   | Áfidos  | Japón             |

(Tomado de: Leng, *et al.*, 2011 y Alatorre, 2007).

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La información presentada en este documento muestra 12 familias y más de 20 especies de plantas las cuales tienen propiedades insecticidas. Se menciona también una gran variedad de plaguicidas microbianos entre los cuales se mencionan 17 a base de bacterias, 7 de hongos, 5 de virus, 3 de nematodos, uno de protozoos y uno de rickettsia. También se mencionan 19 marcas o nombres comerciales de bioplaguicidas a base de hongos entomopatógenos.

Los bioinsecticidas mencionados en este trabajo son una alternativa viable para ser utilizados dentro de esquemas de control biológico de plagas en los principales cultivos agrícolas. Su uso permite mantener la productividad del campo sin contaminarlo y sin poner en riesgo la salud de la población que entra en contacto directo o en forma indirecta con estos insumos. Sin embargo, es necesario realizar estudios de impacto ambiental del lugar donde se utilicen, ya que si el agente biológico que se está utilizando no es originario de la región donde se esté aplicando, se corre el riesgo de la introducción de nuevas cepas u organismos que pueden en algunos casos, traer consigo un desplazamiento de las especies que ya están establecidas. Por otro lado, estos productos han demostrado que al ser utilizados en forma adecuada favorecen la práctica de una agricultura sustentable con menos empleo de insecticidas químicos.

## LITERATURA CITADA

- Ahmad, I., Ahmd, F., Pichtel, J. 2011. **Microbes and microbial technology: agricultural and environmental applications**. Springer Science Business Media LLC. pp. 415-430.
- Alatorre, R. R. 2007. **Hongos entomopatógenos**. pp. 127-143. En: L. A. Rodríguez del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.). *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Alfonso, M. 2002. **Los plaguicidas botánicos y su importancia en la agricultura orgánica**. *Agricultura Orgánica* 2. 26-30 pp.
- Altieri, M., Nicholls C. I. 2000. **Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable**. Serie textos básicos para la formación ambiental. Primera edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. 250 p
- Andaló, V., Santos, V., Moreira, G., Moreira, C., Moino Junior, A., 2010. **Evaluation of entomopathogenic nematodes under laboratory and greenhouses conditions for the control of *Spodoptera frugiperda***. *Ciência Rural*. 40, 1860-1866.
- Aronson, A. I., Beckman, W. and Dunn, P. 2011. ***Bacillus thuringiensis* and related insect pathogens**. *Microbiological reviews*. 1-24 pp.
- BenJannet, H., Skhiri, F., Mighri, Z., Simmonds, M. S. J., Blaney, W. M. 2001. **Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae**. *Ind. Crop. Prod.* 4: 213-222.
- Butt, T. M., C. Jackson., N. Magan. 2001. **Introduction—fungal biological control agents: progress, problems and potential**. En: *Fungi as biocontrol agents progress, problems and potential*. T. M. Butt, C. Jackson y N. Magan (eds.). CABI, Wallingford, Oxon. 1-8 pp.
- Carlini, C. R., Grossi-de Sa, M. F. 2002. **Plant toxic proteins with insecticidal properties a review on the potentialities as bioinsecticide**. *Toxicon*. 40: 1515-1539.
- Cherry, A.; Williams, T. 2001. **Control de insectos plaga mediante baculovirus**. pp. 389-452. En: Caballero, P.; López Ferber, M.; Williams, T. (Eds.). *Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas*. Phytoma-España, S. L., Valencia, España. p. 518.
- Chul Kang, S., S. Park., D. Gyu-Lee. 1999. **Purification and characterization of a novel chitinase from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae***. *Journal of Invertebrate Pathology*. 73: 276-281.
- Conway, G. R., Pretty, J. N. 1991. **Unwelcome Harvest: agriculture and pollution** Earthscan, Island Press London UK.
- Demir, I., Eryüzlü, E. and Demirbağ, Z., 2012. **A study on the characterization and pathogenicity of bacteria from *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae)**. *Turk J Biol.* (36) 459-468
- Dror, A., Haviva, E., Menachem, K., Noam, R., Michal, S., Baruch, S. and Aviah, Z., 2009. **The *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin Cry1C as a potential bioinsecticide in plants**. *Plant Sci.* 176: 315-324.
- Eddleston, M., Karalliedde, L., Buckley, N., Fernando R., Hutchinson, G., Isbister G., Konradsen, F., Murray D., Piola, J.C., Senanayake, N., Sheriff, R., Singh, S., Siwach, S. B. and Smit, L. 2002. **Pesticide poisoning in the developing world—a minimum pesticides list**. *The Lancet* 360. 1163–1167.
- EPA. 1988. **Code of Federal Regulation 40, parts 150 to 189**. (En línea). Disponible en: Washington, DC U.S. Environmental protection agency. 718 p. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2010-title40-vol23/pdf/CFR-2010-title40-vol23-part152.pdf>.
- EPA. 2010. **Biopesticide demonstration grant program**. (En línea). Disponible en: Washington, DC U.S. Environmental Protection Agency. Office of Pesticide Programs (7511P) EPA 731-F-10-004. US Environmental Protection Agency. [http://www.epa.gov/pestp/publications/biodemo/bdp\\_brochure.pdf](http://www.epa.gov/pestp/publications/biodemo/bdp_brochure.pdf).
- Fernández, C., Rafael Juncosa, R. 2002. **Biopesticidas: ¿La agricultura del futuro?** *Phytoma* 141: 14-19.
- García-Gutiérrez, C., P. Tamez Guerra, H. Medrano Roldán y M. B. González Maldonado. 2006a. **Mercado de bioinsecticidas en México**. En: *Biotecnología Financiera Aplicada a Bioplaguicidas*. Cipriano García Gutiérrez e Hiram Medrano Roldán (Eds). 17-40 pp.
- García-Gutiérrez C., Hernández-Velázquez V. M. y M. B. González-Maldonado. 2006b. **Procesos biotecnológicos de producción de bioplaguicidas: hongos entomopatógenos**. En: *Biotecnología Financiera Aplicada a Bioplaguicidas*. Cipriano García Gutiérrez e Hiram Medrano Roldán (Eds). 91-118 pp.
- Hoti, S. I., K. Balaraman. 1990. **Utility of cheap carbon and nitrogen sources for the production of a mosquito pathogenic fungus, *Lagenidium***. *Indian Journal of Medical Research, Section A, Infectious Diseases*. 91: 67-69.

- Kehrli, P., Wratten, S. D. 2011. **A perspective on the consequences for insect herbivores and their natural enemies when they share plant resources.** International scholarly research network. Article ID 480195, 6 pages doi:10.5402/2011/480195.
- Leng, P., Zhang, Z., Pan G., Zhao, M. 2011. **Applications and development trends in biopesticides.** African Journal of Biotechnology. 10(86): 19864-19873.
- Liebman, J. 1997. **Rising toxic tide: pesticide use in California. 1991-1995.** PAN North America/ Californians for Pesticide Reform, San Francisco, US, 1997.
- Mansour, S.A., Bakr, R.F.A, Hamouda, L.S., Mohamed, R.I., 2012. **Adulticidal activity of some botanical extracts, commercial insecticides and their binary mixtures against the housefly, *Musca domestica* L.** Egypt. Acad. J. Biolog. Sci., 5(1): 151-167
- Martínez, V. C. y Gómez, A. S. 2007. **Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas.** Rev. Int. Contam. Ambient. 23 (4) 185-200.
- Moscardi, F. 1999. **Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera.** Ann. Rev. Entomol. 44: 257-289.
- Moscardi, F. 2007. **A nucleopolyhedrovirus for control of the velvetbean caterpillar in Brazilian soybeans.** In: *Biological Control: A Global Perspective.* eds. C. Vincent MS. Goethel and G Lazarovits, Oxfordshire, UK, and Cambridge, USA: CAB International. pp. 344-352.
- Nava, P. E., Gastelum, H.P., Camacho, B.J.R., Valdéz, T.B., Bernal, R.C.R., Herrera, F.R., 2010. **Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado.** Ra Ximhai 6.(1), 37-43.
- OMS. 1990. **Plaguicidas.** Informe Técnico No. 12. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- Pell, J., Eilenberg, J., Hajek, A., Steinkraus, D.C. 2001: **Exploring the potential of entomophthorales in pest management.** In: Butt T.M., Jackson C., Magan N. (eds): *Fungi as biocontrol agents: Progress, problems and potential.* CABI, Wallingford, pp. 71-153.
- Pimentel, D., Lehman, H. 1993. **The pesticide question.** Chapman and Hall, N.Y. N.
- Potti, A., Panwalkar A., Langness E. 2003. **Prevalence of pesticides exposure in young males with adenocarcinoma of the prostate.** J. Carcinogenesis. 2, 4-5.
- Rodgers, P. B. 1993. **Potential of biopesticides in agriculture.** Pesticide Science. 39: 117-129.
- Rodríguez del Bosque, L. A. 2007. **Terminología sobre control biológico.** pp. 277-303. En: Rodríguez-del-Bosque, L. A. y Arredondo-Bernal, H. C. (eds.). *Teoría y aplicación del control biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México.* 303 p.
- Rosas, G. N. M. 2009. **Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: An environmentally friendly alternative.** *Recent Patents on biotechnology.* 3, 28-36.
- Shapiro Ian, D. I., J. R. Fuxa, L. A. Lacey, D. W. Onstad, and H. K. Kaya. 2005. **Definitions of pathogenicity and virulence in invertebrate pathology.** Journal of Invertebrate Pathology. 88: 1-7.
- Simberloff, D. 2012. **Risks of biological control for conservation purposes.** BioControl. 57: 263-276.
- Singh, M. B., Jain, D. C. 1987. **Relative toxicity of various organic solvents generally used in screening plant product for insecticidal activity against house fly (*Musca domestica* L.).** Ind. J. Exp. Biol. 25: 560-570.
- Singh, A., Singh, D.K., Mishra, T.N., Agarwal, R.A. 1996. **Molluscicides of plant origin.** Biol. Agri. Horti. 13: 205-252.
- Sun, X.L., Peng, H. 2007. **Recent advances in biological pest insects by using viruses in China.** Virol. Sin. 22:158-162.
- Theilmann, D. A., Blissard, G. W., Bonning, B., Jehle, J. A., O'reilly, D. R., Rohrmann, G. F., Thiem, S. and Vlak, J. M. 2005. **Baculoviridae.** pp. 177-185. En: Fauquet, C. M.; Mayo, M. A.; Maniloff, J.; Desselberger, U.; Ball, L. A. (Eds.). *The Eighth report of the international committee on taxonomy of viruses.* Elsevier, San Diego, California. 1259 p.
- Thiery, I., Frachon, E. 1997. **Identification, isolation, culture and preservation of entomopathogenic bacteria.** pp. 55-73. In: Lacey A. L. (ed.). *Manual of techniques in insect pathology.* Academic Press, London.
- Van Driesche, R. G., Hoddle, M. S., Center, T. D. 2007a. **Plaguicidas microbiales: problemas y conceptos.** En: *Control de plagas y malezas por enemigos naturales.* Sección IX. Capítulo 23. 431-442.
- Van Driesche, R. G., Hoddle, M. S., Center, T. D. 2007b. **Uso de patógenos de artrópodos como plaguicidas.** En: *Control de plagas y malezas por enemigos Naturales.* Sección IX. Capítulo 24. 443-466.
- Yang, M. M., Li, M. L., Zhang Y., Wang, Y. Z., Qu, L. J., Wang, Q. H., Ding, J.Y., 2012. **Baculoviruses and insect pests control in China.** African Journal of Microbiology Research. 6(2): 214-218.
- Yasuhisa, K. 2007. **Current status and prospects on microbial control in Japan.** J. Invertebr. Pathol. 95: 181-186.

**Eusebio Nava Pérez**

Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS). Ingeniero Bioquímico en el Instituto Tecnológico de los Mochis. Profesor Investigador del Departamento de Biotecnología Agrícola CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa.

**Cipriano García Gutiérrez**

Doctorado en Ciencias (especialidad en Ingeniería y Biotecnología) Instituto Tecnológico de Durango. Maestría en Ciencias con Especialidad en Entomología y Acarología Colegio de Postgraduados. Biólogo en Escuela Nacional de Ciencias Biológicas I.P.N. Profesor Investigador del Departamento de Biotecnología Agrícola CIIDIR (COFAA) IPN Unidad Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI Nivel II).

**Jesús Ricardo Camacho Báez**

Maestría en Ciencias por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa, especialidad en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología en la Escuela Superior de Agricultura (UAS) Culiacán, Sin. Profesor Investigador del Departamento de Biotecnología Agrícola CIIDIR (COFAA)-IPN Unidad Sinaloa.

**Elva Lorena Vázquez Montoya**

Licenciada en Biología. Universidad de Occidente

Estudiante de Maestría. Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. CIIDIR Sinaloa IPN.