

CARACTERÍSTICAS Y PRODUCCIÓN DEL BIOPLAGUICIDA BACILLUS THURINGIENSIS.

**Dra. C. Lourdes González Sáez ¹, Ing. Yaima Alonso Pedroso ², MSc. Arley Pérez
Rojas ¹**

1- Centro de Estudios de Medio Ambiente de Matanzas (CEMAM). Facultad de Ingenierías Química y Mecánica. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. km 3 ½ Autopista a Varadero.

2- Empresa de Cítrico “Héroes de Girón”. Carretera Central Australia, km 142. Autopista Nacional. Jagüey Grande. Matanzas.

RESUMEN

La agricultura orgánica con el uso de microorganismos para el control de plagas ha tomado auge en las últimas décadas. El uso de bioplaguicidas en Cuba se encuentra generalizado y su producción se lleva a cabo en biolaboratorios nacionales, conocidos como Centros Reproductores de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE). Si bien un amplio grupo de bacterias se han descrito con la misma función patógena a insectos y plagas sólo el *Bacillus thuringiensis* ha sido estudiada y utilizada ampliamente. Los insecticidas derivados de esta bacteria constituyen la mayor parte del mercado mundial de bioplaguicidas y son el ejemplo más importante de este tipo de producto, de ahí la importancia de conocer sus características y la forma en que se produce en el mundo y en Cuba, además de sus formulaciones, limitaciones de uso y el mercado nacional e internacional de este insecticida.

PALABRAS CLAVE: bioplaguicidas, *Bacillus thuringiensis*, mercado, formulaciones, producción.

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la humanidad el hombre ha sido capaz de dominar la naturaleza, sin embargo en la actualidad, cuando existe un avanzado desarrollo científico - técnico, el cual está dirigido a mejorar cada día el bienestar de la sociedad, se corre el riesgo de que sea utilizado en contra de la naturaleza lo que conlleva a la destrucción del propio hombre y las futuras generaciones. Existen numerosos ejemplos evidentes de que el hombre es el máximo responsable de la acción destructiva sobre el entorno que le rodea a través de los años, es por ello que se debe evitar por todos los medios la ruptura del equilibrio ecológico antes de que sea demasiado tarde (González, 2000).

Los temas sobre ecología en la última década son abundantes, los cuales son objeto de análisis y debates permanentes en todos medios de difusión en el mundo así como en Congreso y Eventos Internacionales. La desaparición de las especies, la desertificación, la contaminación de los mares, la degradación de los suelos, la lluvia ácida, el efecto invernadero, la calidad de vida, se han transformado más que una preocupación social en problemas mundiales, razón por la cual son analizados por los gobiernos de muchos países. Los riesgos de una catástrofe ecológica puede provocar la posible desaparición del hombre de la faz de la tierra (González, 2000).

El hombre lejos de abogar por su creciente afán de dominar la naturaleza debe pretender utilizar la ciencia para descifrar sus misterios y enigmas con el propósito de comprender principalmente los fenómenos que ocurren e intentar convivir libremente en armonía con ella tratando de afectarla lo menos posible con las transformaciones que necesita hacer la sociedad para desarrollarse.

A finales del siglo pasado, ante las dificultades halladas por el hombre en dominar las diversas formas en que las plagas lo atacaban y asediaban, tuvo que acudir a los medios químicos, es decir, a los plaguicidas.

El advenimiento del siglo XX marcó un auge en el desarrollo de la ciencia y la técnica de la humanidad, que revolucionó las relaciones del hombre con la naturaleza. Entre los

logros de la ciencia y la técnica de este siglo se conformó un inmenso arsenal de plaguicidas químicos que asegurarían el aumento de las cosechas. Según García (2002) los **Plaguicidas** son “todos aquellos productos químicos inorgánicos, orgánicos naturales u orgánicos sintéticos que se emplean para la eliminación de todos aquellos organismos que no originan daños o compiten en la obtención de productos agrícolas, ya sea en el propio campo o después de almacenado”.

La química orgánica de los plaguicidas, surgida hace más de 50 años, constituyó la más exterminadora arma química para la lucha contra las plagas, jamás soñadas por el hombre. Desde el punto de vista preventivo y remedial, la lucha química (plaguicidas) es uno de los métodos más efectivos que posee el hombre para defenderse de sus enemigos, debido a que produce beneficios a corto plazo (Barberá, 1990; García, 2002). Sin embargo este método de lucha, aplicado indiscriminadamente o por su efecto acumulativo provoca diversos impactos tales como desbalance ecológico, contaminación ambiental, intoxicaciones y daños severos a la salud humana por solo citar algunos (Barberá, 1990).

Según estimado de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año ocurren en el mundo aproximadamente tres millones de casos de intoxicaciones agudas de plaguicidas. Se estima que otros que no se notifican sean leves. Estas intoxicaciones causan 220 000 defunciones por año. Un lugar donde se presenta una situación muy crítica es Centro América, que ha devenido una de las regiones de mayor consumo de plaguicidas del mundo. En ocho años, el consumo en esta región aumentó en más del doble, de 18 000 toneladas en 1992 a 45 000 toneladas en el 2000 (Altieri, 2006).

Dado los serios problemas que de contaminación ambiental y daños para la salud humana provoca el uso intensivo de los plaguicidas sintéticos, a finales de los años 50 del siglo pasado se discuten y formulan las ideas principales del entonces denominado Control Integrado (CI), que da origen al actual Manejo Integrado de Plagas (MIP). El objetivo central del MIP es resolver los problemas de plagas para lograr maximizar los rendimientos y a la vez, reducir el uso de plaguicidas, de forma compatible con el medio ambiente (Fernández- Larrea, 2000,2001).

Uno de los MIP que se ha introducido es el control biológico, sobre el cual ha aumentado el interés en los últimos 25 años. El control biológico es “un proceso a nivel poblacional, en el cual la población de una especie baja el número de la otra especie por mecanismos tales como la depredación, parasitismo, patogenicidad ó competencia”. El control biológico juega un papel importante en el manejo de plagas en la agricultura sostenible y en los sistemas agrícolas orgánicos (Jeger, 2000; Allison, 2000).

Este accionar ha propiciado la búsqueda de soluciones que no afecten ni a la salud ni al entorno como son los bioplaguicidas. Los bioplaguicidas son productos que se obtienen de microorganismos que han tenido mucho auge, debido a que infectan los insectos, los ácaros, los nemátodos, y los hongos que afectan los cultivos. Estos microorganismos se pueden lograr mediante producciones industriales ó artesanales, estos últimos con cepas locales de menor impacto ambiental, lo que permite disponer de cantidades suficientes para realizar aplicaciones masivas en los campos cultivados (Feitelson, 1992; Fernández, 2001).

DESARROLLO

El bioplaguicida *Bacillus Thuringiensis*.

Existen muchos productos comerciales con estas características obtenidos industrialmente en fermentadores, que se distribuyen igual que los plaguicidas químicos, pero en Cuba estos se obtienen en biolaboratorios locales, conocidos como Centros Reproductores de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE).

Aunque varios grupos de bacterias han sido descritos como patógenas a insectos, sólo *Bacillus thuringiensis* ha sido estudiada y utilizada ampliamente, por lo cual constituye una alternativa para el control de plagas. Los insecticidas derivados de esta bacteria constituyen el ejemplo más importante de este tipo de productos y ocupan la mayor parte del mercado mundial de bioplaguicidas (Ibarra, 1997; Estruch, 1996)

Antecedentes y estado actual del bioplaguicida *Bacillus Thuringiensis*.

Las primeras enfermedades bacterianas en insectos fueron reportadas en 1870 por Pasteur. En 1911 d'Herelle presentó el primer estudio de bacterias entomopatógenas en locustidos en México y aisló un pequeño bacilo, al cual dio el nombre de *Coccobacillus acridorum*. Desde 1921, se informó la presencia de "infecciones lechosas" en el escarabajo japonés *Popillia japonica*; en 1940 determinaron que los agentes causantes eran el *Bacillus popilliae* y el *Bacillus lentimorbus*, y aunque se encontraron otras especies, éstas resultaron las más importantes junto con *Serratia marcescens*, causante de la muerte de varios grupos de insectos. En 1901 Ishiwata informó la presencia de una bacteria cristalífera que causaba la enfermedad y muerte de larvas de algunos insectos. Diez años después, Berliner en Thuringia, Alemania, determinó que un bacilo esporulante y cristalífero, al cual denominó *Bacillus Thuringiensis* (*B th*), era el causante de la muerte de larvas de *Anagasta khuniella*.

Estos productos se han utilizado comercialmente por más de 35 años y han sido aceptados como productos biodegradables y seguros para los vertebrados y el ambiente. Sin embargo, la posibilidad de producir y aplicar productos bacterianos a gran escala no fue posible hasta después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se produjo en Francia el primer producto comercial a partir de *Bacillus thuringiensis* llamado SPORIENE (Bernhad, 1993; Guharay, 2000).

Características, mecanismo de acción y clasificación del *Bacillus thuringiensis*.

El *Bacillus thuringiensis* pertenece a la familia *Bacillaceae*, y presenta células vegetativas en forma de bastoncillos más o menos largos, agrupados en cadenas de dos a tres células. Son Gram+, aerobias y esporógenas, durante su cultivo y asociadas a la formación de unidades formadoras de colonias (esporas) (UFC), se forman cuerpos parasporales en forma de cristales que tienen efecto insecticida y se conocen como delta endotoxinas (Ibarra, 1997; Dean, 1998).

Los cristales parasporales del *Bacillus thuringiensis* presentan forma bipiramidal, romboide, cuadrado o amorfo, de naturaleza proteínica responsable de la capacidad insecticida. Su toxicidad varía en dependencia del tipo de cristal. El mecanismo de acción de esta bacteria es por ingestión y producto del pH alcalino del intestino del insecto, el

cristal parasporal libera la toxina, la cual se asocia a puntos específicos de la membrana intestinal, formando poros que rompen la pared, a través de la cual ocurre una alteración del balance iónico, que lleva a la parálisis intestinal y cese de la alimentación. Posteriormente, y producto de una septicemia provocada por la multiplicación de la bacteria ocurre la muerte de las larvas, las cuales se tornan flácidas y con un exudado lechoso; estas larvas pueden posteriormente desintegrarse. El *Bacillus thuringiensis* resulta tóxico a varios órdenes de insectos, ácaros e incluso nemátodos (Bernhad, 1993).

Para la clasificación de esta especie se han usado varios métodos. Los primeros se basaron en la caracterización morfológica y bioquímica, utilizando técnicas convencionales. Más tarde se desarrollaron esquemas de clasificación basados en el análisis sexológico de antígenos flagelares (antígeno H) de células vegetativas. Se introdujo además el criterio de patrones electroforéticos de esterases y de patrones plasmídicos dada la presencia de plásmidos como portadores de los genes que codifican para la toxina cristalífera. El análisis de ácidos grasos se ha utilizado para la separación de cepas. Al final, la genética molecular permitió la clasificación de *Bacillus thuringiensis*, ya que se demostró que los genes que codifican para la toxina cristal, los cuales están localizados en plásmidos, tienen una correlación estrecha con la toxicidad fenotípica (Ibarra, 1997).

Resistencia por parte del insecto al *Bacillus thuringiensis*.

La habilidad de los insectos para sobreponerse y adaptarse al estrés ambiental hace que los métodos de control se vuelvan ineficientes, como sucede con el uso excesivo de algunos plaguicidas. Hasta el momento aparecen pocos informes de resistencia a *Bacillus thuringiensis*. Dos ejemplos son *Plutella xylostella* en repollo en Asia y *Plodia interpunctella*, plaga de productos almacenados. En el laboratorio se ha demostrado la posibilidad de que el insecto desarrolle resistencia al uso continuado de *Bacillus thuringiensis*, sobre todo a la delta endotoxinas, porque para la beta exotoxinas el efecto es mucho menor. Es importante señalar que los resultados de laboratorio no pueden extrapolarse a las condiciones de campo, porque las condiciones ambientales y la presión de selección natural juegan un papel importante. La resistencia por parte del insecto a *Bacillus thuringiensis* se explica por vía bioquímica, fisiológica y de conducta. En el primer caso, el insecto llega a metabolizar las toxinas, en el segundo parece existir una disminución de sensibilidad en los receptores y en el tercero disminuye la habilidad del insecto para aceptar el insecticida. Se han desarrollado diferentes estrategias para disminuir la posible resistencia a esta bacteria. Una de las más utilizadas es su uso en programas de manejo integrado. Otra estrategia es el uso de productos a partir de diferentes cepas de *Bacillus thuringiensis*, con diferentes tipos de delta endotoxinas (Feitelson, 1992; Cory, 1993).

Producción del *Bacillus thuringiensis*.

En biotecnología, para la elaboración del *Bacillus thuringiensis*, son utilizados dos tipos de producciones básicas: cultivos superficiales sobre medios sólidos o semisólidos y producción en medios líquidos superficiales o sumergidos.

Uno de los aspectos más importantes de *Bacillus thuringiensis* es su producción a escala industrial. La primera etapa, la cual es una de la más importante de este proceso, es la selección y conservación de las cepas de trabajo. El mantenimiento y conservación de las

cepas seleccionadas es una garantía del éxito del proceso y del producto final. Para la conservación se emplean diferentes métodos, entre los más utilizados están la liofilización, suelo estéril, papel de filtro, medio agarizado, etc. Lo más importante es evitar los subcultivos continuos, porque se puede perder la virulencia y podrían aparecer poblaciones acristalíferas. El desarrollo del producto a partir de la cepa seleccionada comienza con la preparación de los inóculos, los cuales se obtienen generalmente en zarandas mediante cultivos líquidos agitados y a partir de éstos se realizan uno o dos subcultivos en fermentadores de menor volumen, dependiendo de la magnitud del volumen final de trabajo. Se recomienda que los inóculos tengan una concentración inicial de 10^6 UFC/mL. Pueden utilizarse cultivos totalmente esporulados o en fase de crecimiento exponencial, pero no es recomendable utilizar otros instares porque los cultivos obtenidos no serían homogéneos (Bernhad, 1993; Fernández-Larrea, 1999).

La composición del medio de cultivo es muy importante porque es necesario ajustar el balance de los nutrientes, principalmente carbono y nitrógeno para obtener una concentración elevada de biomasa bacteriana y una buena cantidad de cristales tóxicos. Otros nutrimentos también son importantes, tales como las sales de magnesio, manganeso, carbonatos y fosfatos.

Como fuentes nitrogenadas se utilizan harinas de soya, maíz, trigo y pescado entre otras, y como fuentes de carbono se emplean principalmente almidones y en ocasiones melazas. El valor de pH es un parámetro importante y aunque generalmente se deja libre durante el proceso, es necesario ajustar el de los medios de cultivo para que no sea menor a 5,0. En general, el pH inicial debe estar entre 6,8 y 7,2; pero este disminuye después de las primeras 8 a 12 horas, hasta llegar a 5,0. Posteriormente, se incrementa lentamente y al finalizar el proceso el pH tiene un valor aproximado de 8,0. Esta cinética es un buen indicador del proceso (Bernhad, 1993; Fernández-Larrea, 1999).

Durante el proceso de producción de *Bacillus thuringiensis* es importante considerar el suministro de oxígeno porque esta bacteria requiere un elevado nivel de este gas, en especial durante la fase de crecimiento exponencial. Esta demanda disminuye durante la esporogénesis y en la etapa de lisis del esporangio y liberación de la delta endotoxina. Esto permite disminuir el suministro de aire en la etapa final de la producción, lo que representa una economía en el proceso.

Cuando se eleva el suministro de oxígeno y dado que se utilizan medios de cultivo ricos en proteínas, existe el riesgo de que se produzca un exceso de espuma; por lo cual es necesario, en ocasiones, adicionar antiespumantes como aceite comestible. Esto debe hacerse con cuidado y el antiespumante seleccionado no debe afectar el desarrollo de la bacteria. Además un exceso de este producto puede crear una anaerobiosis parcial con detrimento de la calidad del proceso y problemas durante el recobrado y la formulación. Los procesos industriales se realizan en grandes fermentadores y el recobrado mediante procesos de sedimentación, filtración o centrifugación (Bernhad, 1993; Fernández-Larrea, 1999).

Producción del *Bacillus thuringiensis* en Cuba.

La producción de este entomopatógeno en Cuba se realiza utilizando los tres métodos anteriormente mencionados, en específico se utilizan los métodos de cultivos líquidos

estáticos, sobre sustratos sólidos y por cultivo sumergido. Los cultivos líquidos estáticos se obtienen en laboratorios CREE, distribuidos en todo el país.

El proceso sobre cultivo líquido estático consiste en cultivar la bacteria en medios líquidos compuestos por subproductos agrícolas o industriales, principalmente de la industria azucarera. La composición de los medios puede variar y generalmente se adapta a las posibilidades de la región donde se ubica el Centro Productor. Se emplean frascos de cristal y se agrega al medio de cultivo en una relación 1:5. Después de esterilizados e inoculados, se mantienen en reposo entre 28 °C y 30 °C durante 10 a 15 días, dependiendo de la cepa y del medio de cultivo utilizado. Transcurrido este tiempo, se cosecha el producto y se le agrega un preservante que permite su almacenamiento hasta por seis meses, a temperaturas no superiores a 25°C. Con esta producción se obtienen concentraciones de 10^8 unidades formadoras de colonias (esporas y cristales)- UFC/mL. Su costo de producción es de 2 \$/L y 3 \$/L (Domínguez, 2002).

La producción sobre sustrato sólido usando arroz es otra alternativa artesanal de producción de *Bacillus thuringiensis*. Este proceso tiene una primera fase de propagación de la bacteria en un medio líquido compuesto por diferentes nutrimentos y sales. Una vez desarrollado el cultivo inicial, en condiciones estáticas o en zaranda hasta la fase de esporulación, éste se utiliza para inocular el arroz previamente esterilizado y distribuido en los frascos de reproducción. Durante esta etapa se debe ajustar la humedad a un nivel que permita el desarrollo de la bacteria. Al inocular, además de las esporas y cristales se incluyen residuos del medio de cultivo del inóculo que no fueron totalmente agotados durante la primera etapa de propagación y que favorecen el desarrollo de la bacteria sobre el sustrato sólido. La incubación después de 5 a 7 días permite la nueva propagación de la bacteria hasta la formación de esporas y cristales. En esta etapa se realiza la cosecha y se mantiene durante 48 a 72 horas en un cuarto a menos de 20 °C y un deshumificador para eliminar la humedad residual del producto. Una vez seco, el producto se envasa en bolsas plásticas y se almacena durante tres meses de 20 °C a 25 °C. Para utilizarlo es necesario resuspender los granos de arroz en agua y filtrar por una malla o tamiz (Domínguez, 2002).

El otro método usado es el industrial y se realiza en tres plantas de fermentación ubicadas en el occidente y centro del país. Por este proceso se obtienen productos concentrados por sedimentación. El proceso tarda entre 72 y 96 horas, los productos alcanzan concentraciones de esporas y cristales de 4×10^9 a 6×10^9 UFC/mL, y es posible almacenarlos durante seis meses a temperatura ambiente, inferior a 28 °C. Su costo de producción es aproximadamente de 2 \$/L a 4 \$/L de producto concentrado.

Actualmente en Cuba, se obtienen cuatro líneas de productos de *Bacillus thuringiensis* bajo el nombre genérico de THURISAV, con los cuales se controlan diferentes plagas de lepidópteros en cultivos de importancia económica. También se produce un producto eficaz para el control de diferentes especies de ácaros plagas como el ácaro rojo de plátano y el ácaro del moho de los cítricos. El control de la calidad de los productos se realiza mediante la aplicación de normas y programas, que garantizan la obtención de productos de calidad establecida (Domínguez, 2002).

En 1993 se inauguró en el país la primera planta de biopreparados la cual se encuentra ubicada en el municipio de Güines en la provincia Habana. La tecnología utilizada en cuatro plantas en funcionamiento es el cultivo sumergido en fermentadores, se obtiene un

biopreparado en forma de fluido concentrado, al que se adiciona preservante (ácido sórbico y alumbre están entre los mejores) lo que permiten que puedan ser almacenados a temperatura ambiental durante seis meses. Se producen cepas que son usadas en una amplia variedad de cultivos para el control de un grupo importante de insectos, de nemátodos, y de diferentes grupos de ácaros, entre los que están los ácaros fitófagos, ácaros ectoparásitos de aves, y el ácaro de colmenas de abejas (Tabla 1) (Fernandez–Larrea, 2000, 2001; Domínguez, 2002). La producción masiva de entomopatógenos permite disponer de cantidades apreciables de agentes biológicos, en la propia localidad agrícola, pues los Centros Reproductores de Entomófagos y Entomopatógenos se encuentran distribuidos por todo el país donde existen cuatro plantas: Güines y Güira de Melena, ambas en provincia Habana, una en Santi Spíritu y la cuarta en Matanzas. Todas estas producen microorganismos para el control biológico de plagas y tienen una capacidad de producción que puede garantizar, cada año, la aplicación de medios biológicos en más de 60% de la superficie cultivada. El principal Centro Reproductor de Entomófagos y Entomopatógenos es el CREE “Pablo Noriega” que se encuentra en la provincia Habana (Caballero, 2003).

Tabla 1. Plagas en que se emplean bioproductos a base de *Bacillus Truringiensis* (Vázquez, 2004).

Plagas	Cepa	Cultivo	Dosis
<i>Ascia monuste eubotea</i> (gusano de la col)	LBT – 24	Col	1L / ha
<i>Spodoptera spp.</i> Mantequillas.	LBT - 24		
<i>Plutella xylostella</i> (Polilla de la Col)	LBT – 24 LBT – 1		
<i>Trichoplusia ni</i> (Falso medidor)	LBT- 24	Berro, hortalizas, viandas	1 L / ha
<i>Mocis latipes</i> (Falso medidor)	LBT – 1	Pastizales	1 – 2 L / ha
<i>Spodoptera frgiperda</i> (Palomillas del maíz)	LBT – 24	Maíz, arroz, hortalizas.	1 – 2 L / ha
<i>Heliothis zea</i> (Gusano del fruto)	LBT – 24	Hortalizas	1 L / ha
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Acaro blanco)	LBT - 13	Hortalizas, cítricos, papa.	1 – 2L / ha
<i>Diaphania spp.</i> (Gusanos de las cucurbitaceas)	LBT - 24	Cucurbitaceas	1 L / ha
<i>Erinnys ello</i> (Primavera de la yuca)	LBT - 24	Yuca	1 – 2 L / ha
<i>Erinnys alope</i> (Primavera ffrutabomba)	LBT - 24	Frutabomba	1 2 L / ha
<i>Heliothis virescens</i> (Cogollero del tabaco)	LBT - 21	Tabaco	1 L / ha
<i>Manduca sexta</i>	LBT - 21		

(Primavera del tabaco)			
<i>Liriomyza trifolii</i> (Minador)	LBT - 24	Papa, tomate, pimiento	1 L / ha
<i>Trichoplusia brassicae</i> (falso medidor)	LBT - 24	Papa, tomate, pimiento	1 L / ha
<i>Tetranychus tumidus</i> (Acaro rojo)	LBT - 13	Banano y Plátano	5 – 10 L / ha
<i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ácaro del (Moho))	LBT - 13	Cítricos	20 L / ha
<i>Phyllocnistis citrella</i> (Minador de la Hoja de los cítricos)	LBT - 24		
<i>Davara caricae</i> (perforador de la frutabomba)	LBT - 24	Fruta bomba	1 – 2 L / ha
<i>Hedylepta indicata</i> (pegapega de los frijoles)	LBT - 24	Soya, frijol	1 – 2 L / ha

Producción de *Bacillus thuringiensis* en Matanzas.

Tras la entrada al país de la plaga *Tree Palmar* en los años 1990, responsable de la afectación de los cultivos de la papa, frijoles y otros, la cual fue introducida como parte de la guerra biológica y el bloqueo impuesto hace casi 50 años por Estados Unidos; surge la propuesta de construir una planta de producción de bioplaguicidas. Fue en Matanzas, en el año 2000, que se comienza la construcción, en áreas aledañas al laboratorio provincial de Sanidad Vegetal, de una planta con tecnología de punta por colaboración y acuerdo del Instituto Nacional de Sanidad Vegetal y el gobierno de la República Popular China. La planta China, como se le conoce actualmente, fue inaugurada posterior a su culminación en octubre de 2005. Esta es la planta de bioplaguicidas de mayor capacidad en el país con 250 toneladas al año.

En esta planta la producción de *Bacillus thuringiensis* se realiza en cultivo sumergido por fermentadores. El proceso comienza en los laboratorios a partir de cepas certificadas provenientes del Laboratorio de Sanidad Vegetal Provincial ó del Instituto Nacional de Sanidad Vegetal (Expertos chinos y cubanos, 2005).

Formulaciones y limitaciones de uso del *Bacillus thuringiensis*

Los tipos de formulaciones de esta bacteria son polvos humedecibles, polvos secos, granulados o emulsiones. Las formas secas son más estables durante su almacenamiento, mientras que las líquidas resultan más económicas. A pesar de las ventajas de los productos de *Bacillus thuringiensis*, estos también presentan algunas limitaciones como: poca persistencia en el campo, no llega a todos los nichos ecológicos y el insecto puede desarrollar resistencia.

No obstante, estos problemas pueden solucionarse mediante formulaciones más estables, el uso de cepas recombinantes y mejoras en las estrategias de aplicación (Feitelson, 1992).

Mercado del *Bacillus Thuringiensis*.

Se considera que más del 90 % de los productos biológicos utilizados actualmente en la agricultura son *Bacillus thuringiensis*. Las ventas de estos productos en el año 2000 fueron de casi 200 000 000 \$/a. Algunos de los productos de *Bacillus thuringiensis* son: *Bitoxibacillín*, *Eksotoxin*, *Agritol*, *Bactospeine*, *Bathurin*, *Biospor*, *Dipel*, *Javelin*, *Sporeine*.

En algunos países, el acceso a estos productos es aún limitado para los pequeños agricultores sobre todo por el costo elevado del producto y la falta de información sobre sus potencialidades y ventajas (Feitelson, 1992).

CONCLUSIONES.

Considerando la gran preocupación que existe por el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad, así como la injusta distribución de las riquezas y por consiguiente el aumento de la pobreza, la aplicación de los plaguicidas químicos es una de las principales fuentes de contaminación y destrucción de la naturaleza. Dado los problemas de contaminación al medio ambiente, y por consiguiente al hombre, que provoca el uso de plaguicidas químicos, el control biológico por medio de uso de los bioplaguicidas es uno de los métodos más importantes empleados en el manejo de plagas, ya que el efecto provocado en la naturaleza y en el hombre es muy inferior al de los plaguicidas sintéticos. El *Bacillus thuringiensis* constituye uno de los bioplaguicidas más importantes para el control de las enfermedades bacterianas ya que le provoca la muerte a las larvas y a las plagas que afectan la agricultura, por lo se considera uno de los productos más estudiados, producido y aplicado a nivel mundial. Debido a la importancia de la producción del bioplaguicida *Bacillus thuringiensis* en el uso para el control de plagas, son pocas todas las precauciones que puedan tomarse para su elaboración, y por tanto no deben cometerse errores en la producción, manejo y aplicación para que el producto tenga un efecto positivo al ser usado en la agricultura. La eficacia en su comercialización depende fundamentalmente de la demanda del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Allison, D., 2000, *Agrow's Top 20. Pesticides News N° 57*, [online], descargado: 15 mayo 2008, Disponible en: <http://www.panuk.org/pestnews/pn57/p23.html/>.
- Altieri, M.A., 2006, *Agro ecología. Bases científicas para una agricultura Sustentable*, La Habana: CLADES – ACAO, (Cuba), 249 pp.
- Barberá, C., 1990, *Pesticidas Agrícolas*, 3ra ed, Omega.
- Bernhard, K; Utz, R., 1993, *The production of Bacillus thuringiensis for experimental an commercial uses*, In *An environmental Biopesticides*, Enstwistlw, pp 255-263.
- Caballero, S.A. et al., 2003, *Guía de Medios Biológicos*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana, (Cuba)

- Cory, JS; Balley, MJ., 1993, *Theory and Practice of biopesticide*, In *An Enviromental Biopesticides*, Enstwistle, pp 250-256.
- Dean, J, *et al*, 1998, Revision of the nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* pesticide crystal proteins, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 62(3), pp. 807-813.
- Domínguez. P., 2002, *Cuba producirá bioplaguicida a gran escala*, [online], descargado: 15/2/200, Disponible en: <http://www.inisav.cu/div bioplag.htm/>.
- Estruch, J.J., 1996, Cloning of a cryV-type insecticidal protein gene from *Bacillus thuringiensis*: the cryV-encoded protein is expressed early in stationary Phase, *J-Bacteriol*, 178(7), pp. 2141-2144.
- Expertos chinos y cubanos., 2005, *Producción del bioplaguicida Bacillus Thuringiensis en la Provincia de Matanzas*, Cuba y Gobierno de la República Popular China, (Cuba).
- Feitelson, JS; Payne, J; Kim, L., 1992, *Bacillus thuringiensis*: insects and beyond, *Bio Technol*, 10 (3), pp. 271-275.
- Fernández – Larrea Vega, O., 2000, *Tecnología para la producción de biopesticida base de Bacillus Thuringiensis Berliner y su control de calidad*.
- Fernández – Larrea; O *et al.*, 2001, *Producción y evaluación de cultivos de Bacillus Thuringiensis (Berl.) con efecto acaricida sobre Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acarina: Tarsonemidae)*, En II Congreso de la Sección Regional Neotropical de la Organización Internacional de Control Biológico, Memoria científica, Matanzas, (Cuba).
- Fernández -Larrea, OA., 1999, Review of *Bt* production and use in Cuba, *Biocontrol News and Information*, 20(1), pp. 47-49.
- Fernández, E y Vázquez, L.L., 2001, *Alcance del Manejo Integrado de Plaga en Cuba*, En: Taller Internacional sobre Manejo Integrado de Plagas, INIVIT – RAAA, Santa Clara, (Cuba), Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Programa Nacional para la Adopción de la Lucha Biológica por el Agricultor, Liderados por los Agricultores Innovadores en la Lucha Biológica, 4 pp, Ciudad de La Habana.
- García, J., 2002, *Situación actual y perspectivas de la agricultura orgánica en Latinoaméric*, (Costa Rica), [on line], descargado: mayo de 2008, Disponible en: <http://www.uaca.ac.cr/acta.html>.
- González, B.; Bernal A., 2000, *Impacto Social del Uso de los Plaguicidas Químicos en el Mundo*, Ciudad de la Habana: Universitaria, (Cuba).

- Guharay, F, *et al.*, 2000, *Manejo Integrado de plagas en el cultivo del cafeteo*, Serie técnica, Manual Técnico N° 44, CATIE, Managua, (Nicaragua), 272 pp.
- Ibarra, J., 1997, *Producción, control de calidad y uso de Bacillus thuringiensis*, II Curso Taller de Producción Nacional de Agentes de Control Biológico, Tecmán, Colima, (México), Memoria científica, pp. 86-96.
- Jeger, M. J., 2000, Bottlenecks in IPM, Crop Protection.
- Vázquez, L.L.; C. Murguido; E. Peña., 2004, *Manejo agroecológico de la finca, Una estrategia para la prevención y disminución de afectaciones por las plagas agrarias*, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Ministerio de Agricultura, Ciudad de la Habana, (Cuba).