

Formulación de Bioplaguicidas

M. I. Gómez, L. F. Villamizar. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas -MIP-Corpoica,. Centro de Investigación Tibaitatá. Apartado Aéreo 240142 Las Palmas. Santafé de Bogotá, D. C. Colombia. E-mail: mgomez@corpoica.org.co

En el desarrollo de métodos de control de plagas igual o más efectivos que los productos químicos, el control microbiano de plagas aparece como una alternativa promisorio y sostenible tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Dentro de los microorganismos biocontroladores de plagas se encuentran agentes patógenos para insectos, para nemátodos, para malezas y microorganismos antagonistas de hongos fitopatógenos; todos estos con potencial para desarrollar bioplaguicidas. Estos productos son compatibles con la naturaleza, su toxicidad para plantas, animales y humanos es baja, son más específicos por el organismo blanco (plaga) que los productos químicos, tienen poca o nula probabilidad de inducir resistencia en la plaga y no dependen de una sola materia prima para su producción.

El logro de un bioplaguicida implica el cumplimiento de diversas etapas que garanticen la obtención de un producto seguro, eficaz y confiable. Dichas etapas comprenden el aislamiento del microorganismo, la evaluación de su actividad biológica, su producción masiva, estudios de preformulación, formulación, estandarización de procesos, elaboración de fórmulas maestras de producción, determinación de dosis y formas de aplicación, estudios de toxicidad, ensayos de campo, determinación de los mecanismos de biocontrol, estudios de impacto ambiental, caracterización molecular, estudios de mercado y patentamiento entre otros.

Una etapa importante en el desarrollo de estos biocontroladores es la preformulación, la cual se define como el conjunto de actividades organizadas conducentes a la determinación de las características del principio activo y de los cambios químicos, físicos y microbiológicos que éste puede sufrir solo o al combinarlo con los auxiliares de formulación necesarios para la elaboración del producto final. Basados en los resultados de los estudios de preformulación, se desarrollan los estudios de formulación, cuyo objetivo es lograr la combinación correcta de ingredientes de tal manera que el ingrediente activo junto con los excipientes forme un bioplaguicida estable, efectivo, seguro, de fácil aplicación y aceptable para su uso.

En toda formulación se distinguen dos tipos de componentes: el principio activo responsable de la actividad biocontroladora (mohos, levaduras, bacterias, virus o nemátodos) y los excipientes. Estos últimos comprenden: el vehículo que puede ser sólido o líquido y los coadyuvantes que ayudan a mejorar o modificar la acción del ingrediente activo, todos los excipientes deben ser inertes frente al microorganismo y frente a las plagas.

Los coadyuvantes pueden cumplir tres funciones principales. Primero, podrían ser usados para optimizar la actividad del ingrediente activo; segundo, podrían mejorar las características del producto durante la aplicación y, por último, podrían ser usados para mantener la integridad física y la estabilidad del microorganismo durante el tiempo de almacenamiento y después de la aplicación.

Dentro de los coadyuvantes más utilizados están los tensoactivos, los cuales modifican la mojabilidad del producto permitiendo preparar suspensiones estables, mejoran las propie-

dades de extensibilidad de las formulaciones asegurando una aplicación más homogénea y son indispensables en la formación de emulsiones. Dentro de los tensoactivos más utilizados en el desarrollo de bioplaguicidas encontramos el Tween® (Polisorbatos 20, 40, 60 y 80), el Span®, algunos nonil fenol etoxilados como el NFE (3, 6 y 10 molar). Todos estos tensoactivos son de gran utilidad en la incorporación de los productos de carácter lipofílico dentro de vehículos líquidos hidrofílicos.

En las formulaciones sólidas son utilizados los agentes de fluidez para mejorar el flujo de los polvos y evitar la soldadura de las partículas durante largos períodos de almacenamiento. Por lo general, los compuestos usados para este fin son silicatos de aluminio y de sodio, por ejemplo, talco.

Los adherentes son empleados para asegurar la permanencia del insecticida ya aplicado, evitando su arrastre por la lluvia, rocío y viento. También pueden utilizarse para adherir compuestos sobre la superficie de las partículas del principio activo. Dentro de los más conocidos están las celulosas, la gelatina, las gomas, el carragenan, las dextrinas y los polímeros orgánicos.

La luz ultravioleta del sol representa una de las principales causas de la pérdida de viabilidad y actividad biocontroladora de los bioplaguicidas aplicados a las partes aéreas de las plantas, como en el caso del control de insectos y fitopatógenos. Por este motivo el uso de protectores solares es de gran utilidad. Se han realizado pruebas de laboratorio y en campo con filtros solares como benzofenonas, salicilatos y derivados del ácido para-amino benzoico, encontrándose resultados satisfactorios. Adicionalmente, el Instituto Internacional del Control Biológico de Inglaterra ha reportado resultados prometedores de protección contra la radiación ultravioleta, mediante la utilización de vehículos oleosos como aceites vegetales y minerales en las formulaciones de bioplaguicidas.

Los bioplaguicidas pueden ser formulados en diferentes presentaciones:

1. Polvos para espolvoreo: Son aplicados directamente sobre las plantas o sobre el suelo, el principio activo se encuentra disperso en un vehículo inerte. Los hongos son comúnmente formulados en esta forma.
2. Polvos para reconstituir: Son productos capaces de ser mojados y de mantenerse en suspensión en un vehículo líquido durante el periodo de tiempo requerido para su aplicación.
3. Granulados: Son gránulos cuyo tamaño de partícula oscila entre 0,2 y 1,5 mm y se emplean frecuentemente para el control de insectos cuyo ciclo de vida transcurre la mayor parte del tiempo en el suelo.
4. Líquidos emulsionables: Están constituidos por un principio activo suspendido en un vehículo oleoso acompañado de los coadyuvantes necesarios, de manera que al mezclar con agua se forme una emulsión estable.

La mayoría de las formulaciones existentes en el mercado para el control de insectos plaga, fitopatógenos y malezas están basadas en formas secas, polvos mojables o polvos de reconstitución en vehículos oleosos.

El diseño de la formulación depende de la plaga, el sitio en que el bioplaguicida debe ser aplicado, las condiciones medioambientales y el tipo de usuario al cual el producto será vendido.

Según el ciclo de vida del organismo blanco, los biocontroladores pueden ser aplicados sobre la superficie de las plantas, en el suelo o en el agua.

En el desarrollo de bioplaguicidas de aplicación foliar para el control de insectos plaga y de patógenos foliares es importante considerar la fotoestabilidad, persistencia, resistencia al lavado por las lluvias, adherencia y el mecanismo de acción del biocontrolador; por ejemplo, si actúa por contacto o debe ser ingerido por el insecto se hace necesario incluir en la formulación un atrayente alimenticio.

Los micoherbicidas presentan ventajas sobre otros agentes microbianos de control ya que por ser patógenos foliares penetran rápidamente en los tejidos de las plantas y no están expuestos por mucho tiempo a las condiciones ambientales. En el diseño de estos productos, el parámetro a tener en cuenta es la humedad relativa, debido a que se debe mantener una capa de agua cerca a las esporas por un tiempo suficiente para asegurar su germinación y la penetración del patógeno, por lo tanto, se recomienda la utilización de emulsiones cuya fase dispersa sea el agua y que contengan compuestos acondicionadores de humedad como la glicerina, propilenglicol, polietilenglicol, sorbitol o manitol.

En las formulaciones de aplicación en el suelo los problemas de lavado por lluvias, radiación ultravioleta y adherencia no son prioritarios, los factores más importantes a tener en cuenta son: la forma de aplicación del producto, la competencia con la microflora del suelo, las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo y la humedad de éste. Los bioplaguicidas más usados para su aplicación en suelo son los granulados, sin embargo, también se utilizan polvos mojables o emulsionables para el tratamiento de semillas. Estos últimos son muy eficientes si el agente tiene la capacidad de colonizar el suelo y la superficie de la planta.

Tabla 1. Formulaciones disponibles con agentes de control biológico

Agente	Presentación
Bacterias	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Polvo mojable Concentrado emulsionable Suspensión concentrada Granulado Suspensión concentrada Suspensión para bombas de Ultra Bajo Volumen Polvos finos Gránulos dispersables en agua Briquetas
<i>Bacillus popilliae</i>	Polvos finos Granulado
<i>Bacillus subtilis</i>	Dispersiones para el tratamiento de semillas Polvos para el tratamiento de semillas
<i>Streptomyces spp.</i>	Dispersiones para el tratamiento de semillas Polvo mojable
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Polvo mojable Gel Suspensión concentrada
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Granulado

Continuación Tabla 1.

Agente	Presentación
<p>Hongos</p> <p><i>Verticillium lecanii</i></p> <p><i>Colletotrichum gloeosporoides</i></p> <p><i>Phytophthora palmivora</i></p> <p><i>Metarhizium anisopliae</i></p> <p><i>Arthrobotrys</i> spp.</p> <p><i>Trichoderma</i> spp.</p>	<p>Polvo mojable</p> <p>Polvo mojable</p> <p>Suspensión concentrada</p> <p>Polvos finos Granulado Tramapas</p> <p>Polvos finos</p> <p>Polvo mojable</p>
<p>Nemátodos</p> <p>Nemátodos</p>	<p>Polvo mojable</p> <p>Gel soluble</p> <p>Esponja</p>
<p>Protozoarios</p> <p><i>Nosema Locustae</i></p>	<p>Cebos</p>
<p>Virus</p> <p><i>Baculovirus</i></p>	<p>Polvos finos</p> <p>Suspensión para bombas de Ultra Bajo Volumen</p> <p>Suspensión concentrada</p>

Actualmente se desarrollan técnicas de microencapsulación de microorganismos, encaminadas a mantener la estabilidad del biocontrolador en condiciones de almacenamiento y en condiciones extremas en campo. La microencapsulación es un procedimiento que permite recubrir partículas sólidas, gotas de líquidos o dispersiones de sólidos en líquidos con una capa delgada y uniforme del material de recubrimiento. El tamaño de la cápsula resultante puede encontrarse entre varias décimas de micrómetro y 5000 μm . Las microcápsulas son diseñadas para proteger al microorganismo, controlar su liberación en condiciones de campo o mejorar las características de almacenamiento y manipulación de los materiales recubiertos.

Estas cubiertas se construyen de tal modo que el material encapsulado se libere bajo ciertas condiciones, controlando así la acción del microorganismo. Las condiciones de liberación pueden ser dependientes de la humedad, el pH o la temperatura. El mecanismo de liberación puede estar asociado a la ruptura mecánica o la erosión de sus paredes, la disolución o fusión de las mismas, la permeación a través de la cubierta, e incluso otros mecanismos como la biodegradación y la lisis por efecto osmótico pueden verse involucrados. La ocurrencia de cualquiera de estos mecanismos depende de la naturaleza fisicoquímica de los materiales seleccionados para el recubrimiento y del medio externo en el que se encuentre la microcápsula.

Existen algunos reportes de encapsulación de *Bacillus thuringiensis* utilizando almidón pregelatinizado y carboxi metil celulosa; adicionalmente, *Beauveria bassiana* ha sido encapsulado utilizando alginato de sodio, sin embargo los resultados no han sido satisfactorios puesto que estos conidios tardan mucho tiempo en germinar.

Una gran variedad de formulaciones están disponibles en el mercado actual (Tabla 1) y aunque el volumen de ventas aún es modesto, en los últimos años se han logrado aumentos sustanciales en su comercialización, lo cual augura un futuro exitoso para la investigación y el desarrollo de agentes de control biológico.

Bibliografía recomendada

- Galán, L. 1993. Biotecnología para la producción de bioinsecticidas microbianos centrada en *Bacillus thuringiensis*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gareth, J. 1993. Exploitation of microorganism. Department of Agricultural Sciences. University of Wales. De. Chapman & Hall, London.
- Gómez, M.; Villamizar, L. 1996. Estudio tecnológico para la producción masiva y preformulación de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de la langosta de los llanos orientales. Universidad Nacional de Colombia.
- Handbook of pharmaceutical excipients. 1986. American Pharmaceutical Association, Washington.