

Guía para prevenir las aflatoxinas en cacahuete

Miguel Ángel Angulo Escalante



RESULTADOS DE PROYECTOS



Guía para prevenir las aflatoxinas en cacahuete

Miguel Ángel Angulo Escalante¹

Índice

Introducción.....	7
¿Qué son las aflatoxinas?.....	7
Regulaciones sobre la contaminación de alimentos con aflatoxinas.....	9
Producción de aflatoxinas.....	9
Prevención de formación de aflatoxinas.....	9
Sistema de producción de cacahuete.....	10
Preparación del terreno.....	10
Análisis de suelo.....	11
Semilla.....	11
Siembra.....	11
Cultivo.....	12
Control biológico.....	13
Aplicación de <i>A. flavus</i> no aflatoxigénico.....	13
Aplicación de <i>Bacillus subtilis</i>.....	14
Cosecha.....	14
Almacenamiento.....	16
Transporte.....	17
Manejo de las aflatoxinas.....	17
Manejo durante el almacenamiento.....	18
Separación por tamizado.....	18
Separación por gravedad.....	19
Tamaño del grano.....	19
Color del grano.....	19
Blanqueado y separación por color.....	19
Bibliografía.....	20

Índice de figuras

Figura 1. Principales hongos productores de aflatoxinas. a) <i>Aspergillus flavus</i> y b) <i>Aspergillus parasiticus</i>	8
Figura 2. Estructura química de las aflatoxinas.....	8
Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de producción de cacahuate.....	10
Figura 4. Preparación del terreno: a) Barbecho y b) Rastreo.....	10
Figura 5. Análisis de suelos: a) Muestra y b) Determinación en laboratorio.....	11
Figura 6. Semillas de cacahuate curadas con fungicidas.....	11
Figura 7. a) Siembra de cacahuate en suelo arenoso y b) Registro del clima.....	12
Figura 8. Plantas de cacahuate con daño foliar.....	12
Figura 9. Cultivo de cacahuate con densidad de siete a nueve plantas por metro.....	13
Figura 10. Aplicación del producto a base de <i>B. subtilis</i> y <i>B. stercorophilus</i>	14
Figura 11. Cosecha de cacahuate.....	15
Figura 12. Secado del cultivo de cacahuate.....	12
Figura 13. Cosecha y transporte del cacahuate.....	16
Figura 14. Almacenamiento del cacahuate.....	16
Figura 15. Tipos de transporte: a) Transporte abierto y b) Transporte cerrado.....	17
Figura 16. a) Cacahuate no seleccionado y b) Cacahuate contaminado con hongos.....	18

Introducción

La contaminación de los frutos de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) por el hongo *Aspergillus* spp. (productor de aflatoxinas) -en los campos de cultivo- está directamente relacionada con periodos largos de sequías, que provocan que el fruto inmaduro empiece a deshidratarse en el suelo, bajo condiciones de altas temperaturas y ambientes secos.

La contaminación de los cacahuates también puede presentarse después de que éstos son expuestos al ambiente, durante el periodo de la cosecha, si no son rápidamente cosechados, secados y mantenidos en almacenes, con una humedad relativa baja y la aplicación de las Buenas Prácticas de Almacenamiento (BPAL).

Los agricultores no pueden controlar las condiciones ambientales propicias para la prevención de las aflatoxinas en cacahuate, especialmente en temporal; sin embargo, la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y medidas de prevención para la contaminación reducen o previenen la presencia de estas micotoxinas².

El propósito de esta guía es proporcionar información, para que los productores de cacahuate en Sinaloa e intermediarios obtengan los conocimientos necesarios para prevenir y manejar la contaminación del fruto de cacahuate con hongos productores de aflatoxinas, durante el cultivo y almacenamiento del fruto.

¿Qué son las aflatoxinas?

Son sustancias químicas producidas por cepas toxigénicas³ de hongos, principalmente *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, que se encuentran en granos contaminados de cereales como el maíz y oleaginosas como el cacahuate (Figura 1).

²Sustancia tóxica producida por un hongo.

³Conjunto de hongos de una misma especie que son productores de toxinas.

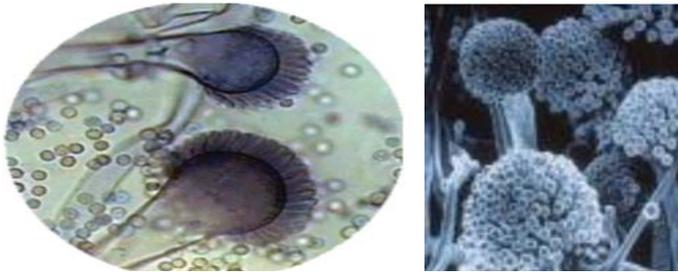


Figura 1. Principales hongos productores de aflatoxinas: a) *Aspergillus flavus*, b) *Aspergillus parasiticus*.

Existen cuatro tipos principales de aflatoxinas: B₁, B₂, G₁ y G₂ (Figura 2). *A. flavus* produce sólo las B, mientras que *A. parasiticus*, las B y G.

La aflatoxina B₁ induce la generación de cáncer en humanos y es uno de los cancerígenos hepáticos más potentes.

Además, dos de los productos metabólicos, aflatoxina M₁ y M₂, son contaminantes directos significativos de alimentos y forrajes.

Las aflatoxinas también son inmunosupresores⁴, por lo que son la causa de distintas enfermedades en los habitantes de países en desarrollo, debido al consumo de alimentos contaminados con estas micotoxinas.

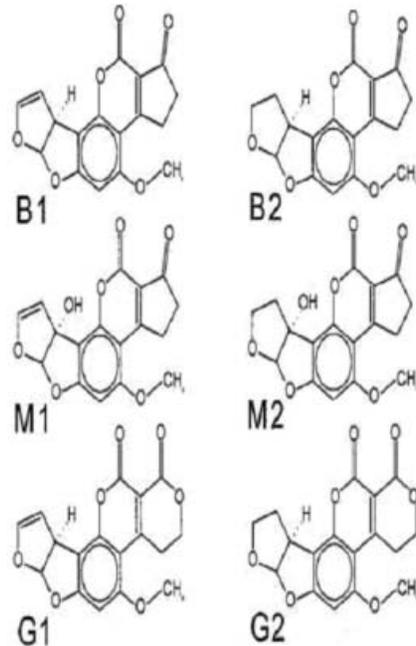


Figura 2. Estructura química de las aflatoxinas.

⁴Sustancia química que reduce la resistencia del organismo a las infecciones u otros cuerpos extraños, disminuyendo la inmunidad.

Regulaciones sobre la contaminación de alimentos con aflatoxinas

Debido a su alta peligrosidad, los países han establecido regulaciones de las aflatoxinas, con implementación de los Límites Máximos Permitidos (LMP) por debajo de las partes por millón (ppm).

Para la Unión Europea, los LMP de aflatoxinas en cacahuate son de 2 partes por billón (ppb⁵) -2 microgramos de aflatoxina B₁ en un kilogramo de cacahuate- y 4 ppb para aflatoxinas totales (B₁, B₂, G₁ y G₂).

Los LMP para Estados Unidos son de 20 ppb de aflatoxinas totales, pero la industria del cacahuate en ese país mantiene los LMP de aflatoxinas totales en 15 ppb, como su margen de seguridad.

En el caso de México, los LMP para aflatoxinas totales son de 20 ppb.

Producción de aflatoxinas

En el cacahuate, los factores físicos que influyen en la producción de las aflatoxinas son: Humedad, temperatura, luz, pH, aireación y concentración de los gases atmosféricos.

Las aflatoxinas son producidas a temperaturas entre 12 y 45°C y la óptima está entre 25 y 35°C.

La producción de estas micotoxinas está favorecida por los niveles altos de humedad. El contenido máximo de humedad en los granos de cacahuate, que favorece a su producción, es de 25 a 30% y una humedad relativa mínima de 83 a 88%.

La disminución del contenido de oxígeno en el ambiente baja la producción de aflatoxinas, por ejemplo, atmósferas con oxígeno menor del 20% disminuyen su producción y en atmósferas de 1% de oxígeno no se forman aflatoxinas.

Prevención de formación de aflatoxinas

La mejor forma de controlar la contaminación de cacahuate con aflatoxinas es la aplicación de sistemas de prevención y la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Transporte (BPT) y Buenas Prácticas de Almacenamiento (BPAL).

Esto no siempre es posible, pero existe la tecnología para hacerlo. Por lo tanto, si es económicamente financiable ésta debe aplicarse.

Para su aplicación se requiere conocer el sistema de producción del cacahuate e identificar los puntos donde puede ocurrir la contaminación y aplicar los sistemas preventivos para prevenir o reducir la contaminación con aflatoxinas.

En la Figura 3 se esquematiza el sistema de producción del cacahuate y las medidas preventivas (entre paréntesis) que se pueden aplicar, en cada una de las etapas del sistema en mención.

⁵Corresponde a un microgramo de micotoxina en un kilogramo de cacahuate.

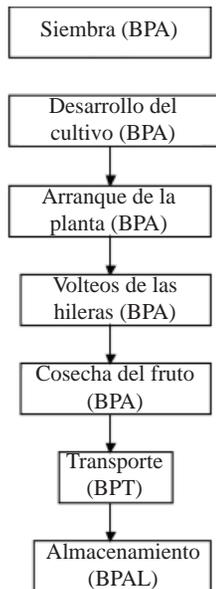


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema de producción de cacahuate.

Sistema de producción de cacahuate

Preparación del terreno

Prepare el terreno de acuerdo a las recomendaciones presentadas en la *Guía para el cultivo de cacahuate*, editada por Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Para esto hay que preparar el terreno, al menos un mes antes de la siembra, con un barbecho (si lo requiere), uno o dos rastreos, lo que dependerá del tipo de suelo (Figura 4).

Es importante que antes o durante este proceso se destruyan o remuevan las semillas de cacahuate del cultivo anterior o semillas de maíz -que también es una fuente de contaminación con aflatoxinas-, debido a la presencia de los hongos productores de estas micotoxinas.



Figura 4. Preparación del terreno: Barbecho y rastreo.

Análisis de suelo

Realice los análisis de suelo para detectar necesidades de fertilización y aplicar los fertilizantes y mejoradores de suelos, esto para asegurar un pH y una nutrición adecuados que eviten el estrés de la planta, principalmente durante el desarrollo del fruto de cacahuate (Figura 5).



Figura 5. Análisis de suelos: a) Muestra y b) Determinación en laboratorio.

Semilla

Utilice semillas de cacahuate seleccionadas y previamente tratadas con fungicidas para prevenir la inoculación de *A. flavus* y *A. parasiticus* al suelo (Figura 6).



Figura 6. Semillas de cacahuate curadas con fungicidas.

Cuando sea factible, use variedades de semillas resistentes a hongos y con pruebas de campo que hayan mostrado resistencia a *A. flavus*.

Siembra

Realice la siembra del cacahuate dentro de las fechas de siembra establecidas y evite que el cultivo sufra de temperaturas extremas y

estrés por sequía, durante el desarrollo y maduración del fruto del cacahuate. Esta información puede obtenerse de los registros históricos del clima en cada región (Figura 7).



Figura 7. a) Siembra de cacahuate en suelo arenoso, b) Registro del clima.

Cultivo

Reduzca, lo más posible, el daño del cultivo por insectos y hongos, con el uso apropiado de insecticidas y fungicidas químicos o biológicos permitidos.

Se pueden aplicar programas de manejo integrado de plagas y enfermedades implementados por los asesores de campo.



Figura 8. Plantas de cacahuate con daño foliar de patógenos e insectos (observe flechas).

Utilice las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para reducir el estrés por sequía, esto cuando sea posible; por ejemplo, puede emplear las siguientes medidas:

1. Evite el exceso de plantas sembradas por metro, esto se logra al respetar las poblaciones recomendadas para cada variedad.
2. Mantenga el cultivo libre de malezas, con el uso de herbicidas permitidos o con la eliminación por métodos físicos.

3. Elimine vectores⁶ de hongos presentes en la vecindad del cultivo.
4. Aplique rotación de cultivos.
5. Reduzca el daño mecánico del cultivo durante las prácticas culturales.
6. Irrigue el cultivo durante situaciones de estrés por sequía, si existe la posibilidad de hacerlo.



Figura 9. Cultivo de cacahuate con densidad de siete a nueve plantas por metro.

Control biológico

El método más indicado en la prevención de la contaminación del cacahuate con aflatoxinas -en cultivos de temporal- es la aplicación de microorganismos que compitan con los hongos aflatoxigénicos⁷ y no les permitan desarrollarse. Se pueden utilizar dos tipos de productos biológicos.

Aplicación de *A. flavus* no aflatoxigénico. Este control está basado en la exclusión competitiva y se obtiene con la aplicación de cepas de *A. flavus* no aflatoxigénicas en el suelo, durante el desarrollo del cultivo de cacahuate.

Este método de control es efectivo para reducir, de manera significativa, las aflatoxinas, tanto en pre como en poscosecha.

El producto que se utiliza en Estados Unidos para el control de aflatoxinas se conoce con el nombre de Afla-Guard y está formado de esporas de hongos no aflatoxigénicos⁸.

La dosis utilizada es de 20 kilogramos por hectárea, aunque es necesario validar el producto en los cultivos de la región, y se recomienda aplicarlo entre los 60 a 80 días después de la siembra, luego de una buena lluvia.

⁶Organismo que transmite un agente infeccioso o infestante desde los individuos afectados a otros que aún no portan ese agente.

⁷Hongo capaz de producir aflatoxinas.

⁸Hongos que no son capaces de producir aflatoxinas.

De acuerdo con los estudios realizados, se alcanza una reducción de aflatoxinas de 80 a 90% en el momento de la cosecha y de 98% después del almacenamiento. Se esperaba que este producto estuviera disponible en México en 2009.

Aplicación de *Bacillus subtilis*⁹ y/o *B. stearothermophilus*¹⁰. Debido al curado de la semilla, la aplicación de los productos biológicos debe realizarse durante el desarrollo del cultivo, antes de que el cultivo entierre los clavos (cultivo de 30 a 50 días).

La aplicación va dirigida al suelo y las dosis recomendadas son de 2 a 4 litros por hectárea (Figura 10).

Los microorganismos benéficos entran en competencia con los microorganismos no deseados y, así, reducen la carga de hongos aflatoxigénicos.

En nuestra localidad existen varias marcas comerciales de ambas especies de *Bacillus*.

Es importante confirmar que las fechas de elaboración de los productos biológicos sean lo más recientemente posible y que garanticen la calidad de los productos.



Figura 10. Aplicación del producto a base de *B. subtilis* y *B. stearothermophilus*.

Cosecha

La contaminación del cacahuate con aflatoxinas puede darse durante la cosecha (Figura 11), por lo que es indispensable tomar las siguientes medidas preventivas.

Cosechar el cacahuate en su madurez completa y evitar que ésta se realice cuando las condiciones de calor, humedad alta o lluvia se presenten.

⁹Microorganismo comúnmente encontrado en el suelo. Tiene una actividad fungicida natural y es empleado como agente de control biológico.

¹⁰Microorganismo comúnmente encontrado en el suelo. Soporta temperaturas mayores a 45°C.



Figura 11. Cosecha de cacahuate.

Evitar, hasta donde sea posible, el daño mecánico durante el periodo de la cosecha.

Seleccionar, de acuerdo a los registros de lluvias anuales y al estado del clima, el periodo de corte y el soleado del cacahuate para evitar que se humedezca con la lluvia.



Figura 12. Secado del cultivo de cacahuate.

Colectar el cacahuate cuando tenga una humedad por abajo del 20% y lo más pronto posible (Figura 12).

Si el cacahuate cosechado presenta humedad alta, debe ser secado inmediatamente.

Evitar el amontonamiento cuando el cacahuate esté fresco, antes de someterlo a secado, para evitar el crecimiento de hongos.

Asegurar una protección adecuada de las lluvias durante el secado bajo Sol.

Verificar que el equipo utilizado durante la cosecha no esté contaminado de hongos productores de aflatoxinas (Figura 13).



Figura 13. Cosecha y transporte del cacahuate.

Almacenamiento

Durante el almacenamiento se deben aplicar las Buenas Prácticas de Sanitización (BPS)¹¹ en las bodegas, por parte de los productores e intermediarios.

Las condiciones de almacenamiento incluyen lugares limpios, desinfectados o sanitizados, secos, ventilados, con apilados adecuados y protegidos de la lluvia y humedad del suelo.



Figura 14. Almacenamiento de cacahuate.

Si el producto está encostalado, asegurarse que los costales estén limpios y secos; apilarlos en hileras y sobre camas de madera para que no estén en contacto con el suelo, las hileras deben permitir la aireación (Figura 14).

Asegurar que la cosecha almacenada esté libre de hongos e insectos, secadas y a una humedad relativa de 70%.

Se recomienda seleccionar el cacahuate sano.

¹¹Conjunto de reglas que son consideradas obligatorias para asegurar la desinfección de los alimentos.

Prevenir la infestación, para esto se utilizan los insecticidas adecuados y permitidos, por ejemplo la tierra de diatomeas¹².

Asegurar que todas las instalaciones y materiales usados en el almacén estén libres de insectos y hongos, a través de las Buenas Prácticas de Higiene y el buen uso de fumigantes apropiados.

Prevenir y evitar el acceso de pájaros y roedores a los lugares de almacenamiento.

Almacenar el producto a temperaturas bajas, lo más que sea posible, y en un lugar con aireación, esto para mantener una humedad y temperatura apropiada.

Transporte

El transporte del cacahuete -de su almacén a centros de procesamiento- debe de realizarse bajo las siguientes condiciones:

1. Asegurarse de que los contenedores del medio de transporte estén libres de hongos, insectos y de cualquier otro tipo de contaminación. Esto se logra al limpiar y desinfectar los contenedores después de cada uso que se les da.

2. Proteger el embarque de la humedad con el uso de transportes cerrados y cubiertas con lonas impermeables. Debe evitarse el sudado, ya que puede generar sitios idóneos que disparen la formación de infecciones fungosas (Figura 15).

3. Evitar la infestación de insectos y roedores con el uso de contenedores cerrados y sustancias repelentes.



Figura 15. Tipos de transporte: a) abierto y b) cerrado.

Manejo de las aflatoxinas

Se ha desarrollado una serie de técnicas para el manejo de la contaminación de aflatoxinas.

Estos métodos se aplican cuando la contaminación ya se presentó en cualquier parte del sistema de producción. Por lo que se sugieren las

¹²Algas unicelulares microscópicas.

siguientes recomendaciones.

Manejo durante el almacenamiento. En el momento de la entrega del producto -por parte del productor- al puesto de venta, es la mejor oportunidad para realizar el proceso de separación del cacahuate contaminado con *A. flavus* y/o *A. parasiticus* (Figura 16).

No es necesario, en ese momento, realizar un análisis de aflatoxinas, debido a que el cacahuate puede no presentarlas, pero sí puede existir el hongo, que al manifestarse las condiciones adecuadas durante el almacenamiento, disparará su producción.



Figura 16. a) Cacahuate no seleccionado y b) Cacahuate contaminado con hongos.

Por lo tanto, si el cacahuate está contaminado con los hongos mencionados, el precio del producto será castigado por parte del intermediario, debido a que éste no deberá ir para consumo humano y sólo se podrán utilizar para la obtención de aceite.

El intermediario o comprador debería realizar análisis de sus lotes, a pesar de que visualmente no se detectan hongos formadores de aflatoxinas y, así, poder separar aquellos lotes que contengan niveles altos de la micotoxina en mención.

Durante el almacenamiento del cacahuate se pueden producir o incrementar los niveles de aflatoxinas, por lo que se debe tomar una serie de medidas para su manejo o prevención.

Para esto se requiere realizar una serie de pasos, que a continuación se mencionan.

1. Separación por tamizado¹³. Después de los procesos de separación, efectuados durante la llegada del cacahuate al almacén, se debe de realizar:

Una selección del cacahuate a través del tamaño. Esto debido a que la presencia de cacahuates sin cáscara en el almacenamiento es causa

¹³ Acción de separar la parte más gruesa de un alimento seco y pulverizado mediante el uso de un tamiz o cedazo.

de un alto riesgo de contaminación con aflatoxinas.

Los cacahuates que no alcanzan la madurez adecuada tienen un tamaño menor y son los que poseen un alto riesgo de contaminación con aflatoxinas.

Si el grano de cacahuate es pequeño, debido a que no llegó a madurarse, el riesgo de contener aflatoxinas es grande; por lo tanto, un cultivo de cacahuate que no llega a madurar es un producto de riesgo.

2. Separación por gravedad. Después de que los cacahuates son descascarados, pueden ser separados por gravedad.

El cacahuate que está altamente contaminado es de menor densidad, por lo que se puede obtener cacahuate con menor grado de contaminación con este método físico de separación.

Tamaño del grano

Después de que el cacahuate ha sido descascarado, también puede ser pasado por diferentes cedazos, lo que provoca la separación del producto en diferentes tamaños.

Este grano puede ser clasificado como tamaño jumbo (retenido por una malla con orificios de 0.833 cm de ancho y de 1.9 cm de largo), mediano (seleccionado por una malla con orificios de 0.714 cm por 1.9 cm) y número 1 (retenidos por una malla con orificios de 0.675 cm circular).

Los cacahuates que pasan todas las mallas, son considerados como no consumibles directamente y son turnados a procesos de extracción de aceite.

Color del grano

Una manera muy eficiente para eliminar el grano de cacahuate contaminado con aflatoxinas es la separación del grano por diferencias de color.

Cuando el cacahuate está contaminado con aflatoxinas presenta una decoloración.

En Estados Unidos, los procesadores de cacahuate utilizan seleccionadoras electrónicas -por color- de alta velocidad, como un método eficiente para el manejo de los granos de cacahuate contaminados.

Sin embargo, no todo el cacahuate contaminado con aflatoxinas está decolorado, por lo que el método no es 100% eficiente.

Blanqueado y separación por color

El proceso final que se utiliza para el manejo de la contaminación del cacahuate con aflatoxinas es el blanqueado y la separación por color y consiste en eliminar la testa, que es la cubierta que tiene el grano.

Una vez eliminada la testa, la selección electrónica de los granos decolorados es altamente eficiente, por lo que se puede decir que se obtiene un producto de excelente calidad.

Bibliografía

Angulo-Santos J. R e I. C. Joaquín-Torres 2008. Guía para cultivar cacahuate de temporal en el municipio de Mocorito, Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa, A.C. México. 22 pp.

Dorner J. W. 2008. "Management and prevention of mycotoxins in peanuts", Food Additives and Contaminants. Taylor & Francis. Inglaterra, pp. 203-208.

Dorner J. W y R. J. Cole 2002. "Effect of application of nontoxigenic strains of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* on subsequent aflatoxin contamination of peanuts in storage", Journal of Stored Products Research. Reed Elsevier, Inglaterra, pp. 329-339.

FAO. 2001. Manual on application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control. FAO, Italia, pp. 82-90..

Hill R. A, P. D. Blankenship, R. J. Cole y T. H. Sanders 1983. "Effects of soil moisture and temperature on preharvest invasion of peanuts by the *Aspergillus flavus* group and subsequent aflatoxin development", Applied. Environmental. Microbiology. American Society for Microbiology, Estados Unidos, pp. 628-633.

Kimura N. y S. Hirano 1988. "Inhibitory strains of *Bacillus subtilis* for growth and aflatoxin production of aflatoxigenic fungi", Agricultural and Biological Chemistry. Agricultural Chemical Society of Japan. Japón, pp. 1,173-1,179.

Shephard G. S. 2008. "Impact of mycotoxins on human health in developing countries". Food Additives and Contaminants. Taylor & Francis, Inglaterra, pp. 46-51.

14 Zona del suelo en contacto más o menos inmediato con las raíces. Posee mayor actividad microbiológica.

15 Información tomada de Restrepo R. J., S. Pinheiro y B. Castro 2007. *II Taller Internacional de Agricultura Orgánica*. Guamúchil, Sinaloa, México.

4. Se recomienda darle 2 ó 3 vueltas a toda la mezcla (o las necesarias) hasta que quede uniforme.

5. Una vez mezclada, se extiende hasta que quede de una altura de 50 cm, máximo. En lugares muy fríos se recomienda, inicialmente, dejarla bien alta para permitir que la fermentación se acelere.

50 cm

6. Se cubre con costales o lona.

Si el montón se deja sin voltear durante los primeros tres días de la fermentación, el abono tiende a subir a más de 80°C, lo que no se debe permitir.

No es recomendable que la temperatura de la mezcla sobrepase los 50°C; para lograrlo, se recomienda darle dos vueltas los primeros cuatro días (por la mañana y la tarde).

Una buena práctica es rebajar gradualmente la altura del montón, a partir del tercer día, hasta lograr más o menos una altura de 20 centímetros, al octavo día.

A partir del cuarto día se puede realizar una vuelta diaria.

Entre los 12 y 15 días, el abono fermentado ya ha logrado su maduración y su temperatura es igual a la temperatura ambiente, su color es gris claro, queda seco, con un aspecto de polvo arenoso y consistencia suelta.

Caract temperatura.

Manera de aplicación. La cantidad del cultivo, sus ejemplos de experiencias en su uso.

Para almácigo o semillero. Utilizar una mezcla de bocashi curtido, preferentemente, (de 2 a 3 meses).

Las proporciones varían: Desde 90% de tierra seleccionada con 10% de bocashi, hasta 60% de tierra con 40% de bocashi curtido.

Regularmente, los agricultores realizan pequeños ensayos para determinar la relación óptima.

En el trasplante de plántula. Los agricultores vienen experimentando varias formas de abonar sus cultivos.

a) Abonado directo en la base del hoyo, donde se colocará la plántula. Se cubre el abono con un poco de tierra para que la raíz no entre en contacto directo con el abono.



b) Abonado a los lados de la planta. Sirve para hacer una segunda y tercera abonada de mantenimiento al cultivo y estimula el crecimiento de las raíces hacia los lados.

La cantidad que se utiliza es variable, se puede comenzar con un puño por planta.

c) Abonado directo, alrededor de 2 a 2 ½ toneladas por hectárea, para granos. Ejemplo: Maíz, zanahoria, cilantro en el surco, mezclado con tierra, donde se establecerá el cultivo

En viveros. Se debe usar 90% de tierra y 10% de bocashi con carbón pulverizado.

En trasplantes. Se recomienda usar de 30 a 50 gramos para hortalizas de hojas, de 50 a 80 gramos para hortalizas de cabeza y raíces y de 120 a 150 gramos para tomate, pimentón, ají, entre otros.

Recomendaciones

* Al aplicarse el abono siempre debe de cubrirse con tierra para evitar que se dañe por el sol.

* Realice sus propias pruebas de elaboración y manera de aplicación.

* Tome nota de los resultados y promuévalos.

* Lo ideal es utilizarlo inmediatamente, si lo va a guardar, es recomendable protegerlo del sol, viento y lluvias bajo techo, de preferencia en costales.

* No se recomienda almacenarlo por más de tres meses.

Biofertilizantes preparados y fermentados a base de estiércol de vaca

Los biofertilizantes son "súper abonos" líquidos, con mucha energía equilibrada y armonía mineral, preparados a base de estiércol muy fresco de vaca, disuelto en agua y enriquecidos con leche, melaza y ceniza.

Los biofertilizantes se fermentan por varios días en tambos de plástico, en un sistema anaeróbico y, muchas veces, enriquecido con harina de rocas molidas o algunas sales minerales, como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc.

Éstos sirven para sustituir a los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria, que son muy caros y vuelven dependientes a

los campesinos y los hacen cada vez más pobres.

Funcionan principalmente en el interior de las plantas: Activan el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejos, entre otros.

Estos elementos están presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo.

Supermagro

Este abono foliar, de origen brasileño, trabaja con una fermentación anaeróbica (sin aire).

Se requiere un recipiente plástico de 200 litros (aproximadamente), que cierre herméticamente para no permitir la entrada de aire.

Se coloca un niple¹⁶ con manguera, que va a terminar en un balde con agua, esto con el fin de que los gases que se expandan durante el proceso salgan y no entre aire en el tanque.

Recipiente para la preparación de Supermagro.

Ingredientes básicos

Cuarenta kilogramos de estiércol fresco de vaca

Nueve litros de leche

Nueve litros de melaza o 4.5 kilogramos de panela

¹⁶ Trozo de tubería, generalmente de reducida longitud.

Sales minerales

Tres kilogramos de sulfato de zinc

Un kilogramo de sulfato de magnesio

Trescientos gramos de sulfato de manganeso

Trescientos gramos de sulfato de cobre

Dos kilogramos de cloruro de calcio

Un kilogramo de ácido bórico o borax (se deberá aplicar en dos partes)

Cincuenta gramos de trióxido de molibdeno

Cincuenta gramos de sulfato de cobalto

Cincuenta gramos de sulfato de hierro

Ingredientes complementarios

Doscientos gramos de harina de hueso

Quinientos gramos de restos de pescado o camarón seco

Cien gramos de sangre de bovino

Doscientos gramos de restos frescos de hígado crudo y molido

Manera de prepararse

1. En un recipiente de plástico de 200 litros (con tapa) se colocan 40 kg de estiércol fresco, 100 litros de agua, un litro de leche y un litro de melaza o 500 gramos de panela disuelta en agua tibia. Revolver bien y dejar fermentar por tres días.

2. Posteriormente, cada tres días se disuelve cada uno de los minerales en agua tibia y se agrega un litro de leche y un litro de melaza o 500 gramos de panela. Esta mezcla se integra al fermentado anterior, revolver perfectamente.

3. Los ingredientes complementarios se pueden ir agregando al momento que en que se integran los minerales.

4. Después de haber agregado todas las sales, se completa el recipiente plástico con agua hasta 180 litros (se recomienda no completar el volumen total del recipiente, esto para facilitar la salida de gases de la fermentación), se tapa y se deja fermentar por 30 días, en climas cálidos, y 45 días, en climas fríos.

Modo de usarlo

1. El recipiente se debe proteger bajo techo o bajo sombra de árboles.

2. El recipiente debe quedar herméticamente cerrado.

3. El color final del supermagro es verde pardo, si durante el proceso toma una coloración violeta o morada y olor putrefacto, está mal y deberá desecharse.

4. Se puede envasar en recipientes oscuros y guardar en lugares frescos.

Recomendaciones

Para frutales, se recomienda usarlo al 2%; para hortalizas, al 4%, con intervalos de 10 hasta 20 días. Para tomate y otras hortalizas de frutos aéreos se recomienda usarlo al 4%, con intervalos semanales.

Calidad del agua de riego

La calidad del agua está definida por algunas características físicas y biológicas.

Para el caso de aguas utilizadas en la agricultura, su calidad sólo está en función de características físicas y químicas, principalmente de estas últimas.

Considerando lo anterior, el agua de riego varía en su calidad, lo que depende del tipo y cantidad de sales disueltas.

En la medida en que el contenido de sales se incrementa, varios problemas se presentan en los suelos y en las plantas, por esto es necesario implementar prácticas especiales de manejo, para mantener en niveles aceptables los rendimientos de los cultivos.

Los problemas asociados con las sales son modificados por el suelo, el clima, el cultivo, así como la experiencia y el conocimiento del productor.

Los problemas del suelo y de los cultivos utilizados, como base para evaluar la calidad del agua, son los relacionados con la salinidad, velocidad de infiltración, toxicidad y otros inconvenientes.

Salinidad. La salinidad se define como la concentración de sales minerales disueltas, presentes en agua o suelo, referidas a una unidad de volumen o de peso.

Todas las aguas de riego contienen sales disueltas, cuyo tipo y cantidad dependen de su origen y del curso que hayan seguido antes de su utilización.

Los principales solutos¹⁷ son los cationes Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ y los aniones Cl^- , O_4^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} y NO_3^- .

La salinidad del agua se mide en términos de conductividad eléctrica. Representa la cantidad total de sales inorgánicas disueltas en el agua.

Este problema se presenta cuando las sales se acumulan en la zona de la raíz, tal concentración causa una disminución del rendimiento, debido a que el cultivo no puede extraer suficiente agua del suelo, lo que ocasiona un estrés hídrico o falta de agua.

Debido a ello, el cultivo reduce su crecimiento y las plantas presentan síntomas de marchitamiento y coloraciones verde-azuladas en el follaje. Estos síntomas varían con la etapa de crecimiento de la planta y son más notorios en las primeras etapas.

¹⁷ Sustancia disuelta en líquido.

Velocidad de infiltración. La infiltración de agua en los suelos varía considerablemente.

Ésta depende de la calidad del agua y de otros factores del suelo, como estructura, textura, grado de compactación, contenido de materia orgánica y características químicas.

Cuando la velocidad de infiltración es muy baja, puede ocurrir que el agua infiltrada no baste para cubrir las necesidades del cultivo.

Los problemas más frecuentes relacionados con una infiltración baja suelen producirse cuando el sodio se incorpora al suelo y deteriora su estructura; los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad.

El efecto contrario lo producen el calcio y el magnesio, por lo que para evaluar realmente el problema que puede generar un exceso de sodio hay que saber, también, la cantidad de calcio y magnesio que hay en el suelo.

Una alta salinidad aumenta la velocidad de infiltración, mientras que una baja salinidad o una proporción alta de sodio sobre el calcio la disminuyen.

Los problemas de infiltración ocasionados por la mala calidad del agua ocurren en los primeros centímetros y están ligados con la estabilidad estructural del suelo y el contenido de sodio, en relación al calcio.

Cuando los cultivos son regados con agua de altos contenidos de sodio, éste se acumula en los primeros centímetros de profundidad.

Existen varios procedimientos para evitar o corregir los problemas de infiltración debido a la mala calidad del agua de riego.

* Con la incorporación de productos que modifiquen la composición química del agua o del suelo.

* Al incorporar materia orgánica al suelo, de esta forma se mejora su estructura, lo que facilita la infiltración.

* Prácticas de riego para atenuar los problemas de infiltración, como regar con frecuencia y a dosis bajas y evitar los riegos de gravedad, procurando el riego por aspersión en los suelos arenosos y por goteo en los suelos arcillosos.

Toxicidad. Los problemas de toxicidad ocurren cuando ciertos elementos (iones) del suelo o del agua son absorbidos por las plantas y acumulados en sus tejidos, en concentraciones lo suficientemente altas como para producir daño y reducir su productividad.

La magnitud de este daño depende de la cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de las plantas.

Los cultivos perennes son los más sensibles.

En general, los daños en cultivos sensibles ocurren a concentraciones iónicas relativamente bajas.

dedicaban a reproducir colonias de hormigas depredadoras para el control de una oruga desfoliadora y de un escarabajo barrenador en cítricos.

En 1989 se registró el primer caso exitoso de control biológico: El control de una escama algodonosa (*Icerya purchasi* Maskell) con el depredador *Rodolia cardinales* (Mulsant), en California, Estados Unidos.

A partir de este caso hubo gran desarrollo de esta forma de control de plagas.

Sin embargo, con la aparición del compuesto químico DDT²⁰, el control biológico entró en una fase de letargo; debido a que se llegó a pensar que los insecticidas serían la solución final para el control de plagas.

Con el conocimiento de los efectos adversos de los plaguicidas sintéticos, principalmente la contaminación del medio ambiente y sus repercusiones en la salud del ser humano, el control biológico y otros mecanismos de control de plagas han vuelto a tomar impulso.

Los enemigos naturales u organismos benéficos, a los que se hace referencia, son los parasitoides, depredadores, patógenos y los competidores o antagonistas.

Depredador. Es un animal que se alimenta de otros, a los que se denomina presas, que generalmente son más pequeños que los depredadores.

Son de vida libre, tanto en estado inmaduro como de adulto, ambos buscan activamente la presa.

Parasitoide. Es una clase especial de depredador, aunque se les incluye en la categoría parásito.

Generalmente son del mismo tamaño que los organismos que atacan, a los que se les conoce como hospederos; se desarrollan dentro o sobre ellos y casi siempre provocan su muerte.

El estado larvario es parasítico y el adulto es de vida libre. Cada parásito consume un solo individuo para completar su ciclo de vida.

Patógenos. Es un microorganismo parasítico que provoca una enfermedad, que frecuentemente mata al hospedero.

El parasítico se alimenta y desarrolla dentro o fuera del hospedero.

Los patógenos benéficos para el humano son los entomopatógenos: patógenos que atacan insectos.

Competidores o antagonistas. Es un organismo que afecta las poblaciones de las plagas por exclusión competitiva, en forma física o mediante sustancias que secretan.

²⁰ Compuesto principal de los insecticidas.

Con su presencia reducen o inhiben la habilidad de adaptación de las especies plaga.

Se trata de microorganismos incluidos dentro de los entomopatógenos, pero con diferentes formas de acción.

Plagas de importancia económica en el cultivo de chile

Dentro de las plagas más importantes en el cultivo de chile se encuentra la mosquita blanca, pulgones, trips, picudo del chile, gusanos defoliadores, entre otros.

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci* y *B. argentifolii*)

Esta plaga es una especie cosmopolita que se encuentra en los cinco continentes, aunque es originaria del oriente asiático.

Desde hace algunos años está desplazando a *Trialeurodes vaporariorum*, por la gravedad de sus daños.

Es una especie que puede parasitar más de 200 géneros botánicos, pertenecientes a 63 familias de plantas diferentes; sin embargo, estudios realizados en 2007 reportan que el número de especies de plantas parasitadas por esta plaga suma 506, pertenecientes a 84 familias.

La mosquita blanca se desarrolla en un amplio rango de hospederas, las que incluyen más de 500 especies de cultivos y malezas.

Se estima que este insecto transmite alrededor de 40 enfermedades en vegetales y cultivos de fibra en todo el mundo.

De las diferentes especies de mosquita blanca identificadas hasta el momento, sólo tres son reconocidas como vectores de virus en plantas, entre ellas *Bemisia tabaci* (Genn.).

La severidad de los daños causados por virus transmitidos por mosquita blanca fue reconocida en Sinaloa a principios de los 80.

A principios de 1983, en este mismo estado, se identificó el virus "chino del tomate", hoja rizada de la calabaza, enanismo necrótico del tomate, mosaico dorado del frijol, hoja rizada del algodón y amarillamiento infeccioso de la lechuga.

En la temporada hortícola 2005-2006 se identificó, por primera vez, el TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus o virus del rizado amarillo) en Sinaloa, éste ha ocasionado pérdidas económicas aun no cuantificadas.

Los altos niveles poblacionales de este insecto y la incidencia de enfermedades virales nos han llevado a una contingencia fitosanitaria en todo Sinaloa, por lo que es necesario tomar medidas que ofrezcan una alternativa para prevenir y controlar problemas ocasionados por la mosquita blanca, conjugando diversas estrategias, dentro de un esquema de manejo integrado de plagas.

Algunas de estas estrategias incluyen:

- a) Uso racional de insecticidas
- b) Eliminación de fuentes de inóculo²¹ del virus
- c) Fechas de siembra óptimas
- d) Programas de control biológico
- e) Uso de bioinsecticidas
- f) Evaluación de áreas de riesgo e incidencia
- g) Destrucción de socas

Géneros y especies de mosquita blanca

Trialeurodes vaporariorum.

- Es un insecto pequeño, de color blanco, de alrededor de 1.5 mm de largo.
- Las plantas se cubren con mosquitas blancas de cuatro alas blancas, de aspecto ceroso.
- Las pupas²² son ovaladas, la parte superior plana, con filamentos que emergen desde arriba.



Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).

Bemisia tabaci.

- Las moscas adultas son de cuatro alas y de alrededor de 1.5 mm de largo.
- La identificación y diferenciación de los adultos de *B. tabaci* y *T. vaporariorum* se realiza en base a la posición de las alas. *T. vaporariorum* tiene las alas horizontales, mientras que *B. tabaci* las tiene inclinadas sobre el cuerpo.
- Las ninfas²³ son fáciles de diferenciar. *T. vaporariorum* tiene todo el perímetro lleno de pelos o setas, mientras que *B. tabaci* contiene como

²¹ Sustancia que se utiliza para introducirse en un organismo para, generalmente, provocar una enfermedad.

²² Estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis, que los lleva del estado de larva al de adulto.

²³ Etapas inmaduras de insectos que, a diferencia de las larvas, son similares a los adultos, de los que difieren por la falta de madurez y otros detalles, como la ausencia o pequeñez de las alas, además del tamaño

máximo siete pares de setas.



Mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Bemisia argentifolii (conocida como mosca blanca silverleaf u hoja plateada).

- Esta especie es la que causa mayores pérdidas económicas para los productores.
- La pupa es ovalada, blanquecina y de cuerpo blando. Un extremo de la pupa pende de la superficie de la hoja.
- Las hembras adultas miden alrededor de 0.96 mm y los machos adultos alrededor de 0.82 mm.

Son de color amarillo, más intenso que el de otras moscas blancas. Mantienen las alas a un ángulo de 45°, lo que les da la apariencia de ser más delgadas.



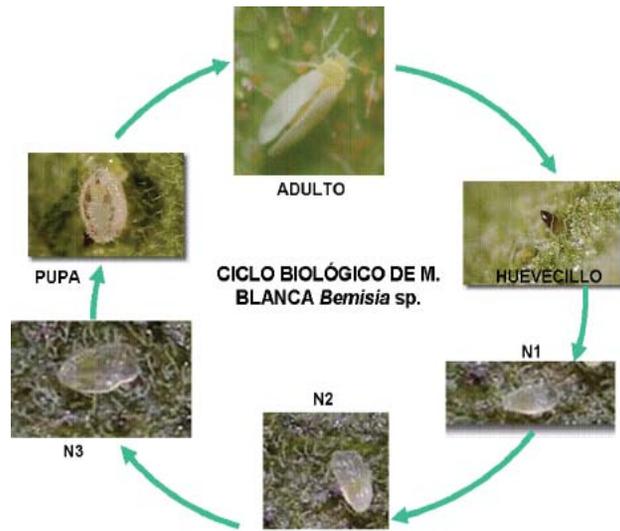
Mosca blanca hoja plateada (*Bemisia argentifolii*).

Control biológico

El control biológico se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Control biológico natural
- Control biológico inducido: Liberación de insectos entomófagos²⁴, mediante la multiplicación y liberación de parásitos y depredadores (crisopas y coccinélidos), producidos en laboratorios específicos
- Insecticidas biológicos (hongos)

²⁴ Animal que se alimenta principalmente de insectos.

Ciclo biológico de la mosca blanca (*Bemisia* spp.)

Insectos entomófagos

Tanto los adultos como las ninfas tienen una gran cantidad de enemigos naturales, como parasitoides, depredadores y patógenos.

Dentro de los parasitoides están unas avispas muy pequeñas que parasitan las últimas fases ninfales de la mosca blanca.

Entre los depredadores tenemos las crisopas, coccinelidos, chinches, tijeretas y arañas que se alimentan de ninfas, también hay insectos que capturan moscas adultas al vuelo.

Los enemigos naturales se encuentran en el campo, en forma natural, por lo que debemos conservarlos.

Para conservarlos se deben tomar todas las medidas preventivas, procurar tenerlos en cantidades suficientes y evitar usar el control químico a base de insecticidas de gran espectro de acción.

El parasitismo natural de ninfas de mosca blanca es efectivo, siempre y cuando el uso de insecticidas sea reducido.

Depredadores

Estos organismos consumen insectos (llamados presa) durante toda su vida.

Estos agentes de control biológico se alimentan de un amplio rango de presas.

Insectos como el león de los áfidos (*Chrysoperla* sp.), la catarinita (*Hippodamia convergens*) y ácaros de la familia Phytoseiidae son de los agentes más importantes para el manejo de las plagas.

De estos grupos, los de la familia Chrysopidae (*Chrysoperla carnea*,

Chrysopa nigricornis, *Chrysopa oculata*...) se caracterizan por alimentarse de presas con cuerpo blando, como pulgones, ninfas de mosca blanca, larvas pequeñas de lepidópteros, escamas blandas, escamas armadas y araña roja.

*Hippodamia convergens.*

***Chrysoperla carnea*.** Este agente llama la atención por su abundancia y amplio rango de hábitats, lo que lo califica como uno de los depredadores más frecuentes y colectados en campo.

En México, este depredador se reproduce en seis insectarios, con una producción anual de 28.9 millones, con dosis de liberación que oscilan desde 2,500 hasta 25,000 huevecillos o larvas por hectárea, aunque normalmente se liberan 10,000 huevecillos o larvas por hectárea.

*Chrysoperla carnea.**Chrysoperla carnea.*

Chinches depredadoras

*Geocoris ater.**Geocoris punctipes.**Geocoris pallens.*

*Orius spp.**Orius spp.**Navis spp.*

Parasitoides

Los parasitoides se caracterizan por desarrollarse como parásitos internos (endoparásitos) o externos (ectoparásitos), éstos destruyen a su huésped.

Los adultos son de vida libre, la hembra adulta es la que busca al huésped y lo parasita.

Para el adulto, la alimentación es normalmente con néctares o secreciones de mielecillas de plantas y de los áfidos, dieta que permite una mayor longevidad y fecundidad de las hembras.

En México, la infraestructura de insectarios reproductores de organismos benéficos de cultivos es de aproximadamente 43, que son operados por Comités Estatales de Sanidad Vegetal y empresas de la iniciativa privada.

***Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae).** Esta especie parasitoides es la más eficiente, como control biológico, bajo condiciones de invernadero alcanza niveles sobre el 95% de eficacia a las siete semanas de su liberación.

Parasita a todos los estadios ninfales de mosca blanca. La fase más eficiente es la tercera, que es el estado ninfa.

Una avispa (*Encarsia formosa*) parasita a una ninfa de mosca blanca.

Eretmocerus spp. Las hembras ovipositan debajo de la ninfa (primer a cuarto estadio) y completan su desarrollo dentro del huésped, lo que toma entre 18 y 25 días, aproximadamente.

Avispa (*Eretmocerus spp.*) adultaNinfa de mosca blanca parasitada por *Eretmocerus spp.*

Entomopatógenos

El control microbiano se basa en la utilización de microorganismos causantes de enfermedades infecciosas y letales en los insectos, con la finalidad de reproducir los niveles poblacionales de las plagas.

Los principales grupos de microorganismos son: Los hongos, bacterias, virus, nematodos y los protozoarios, los que se pueden producir y comercializar a manera de bioinsecticidas.

Hongos entomopatógenos. Microorganismos que atacan insectos y ácaros.

Juegan un rol importante dentro de la biodiversidad, pues a partir de ellos se obtienen productos biológicos, llamados bioinsecticidas, que son utilizados para controlar los insectos plaga en los cultivos.

Variedad de insectos y otros organismos plaga que son capaces de hospedar los hongos entomopatógenos: Áfidos, moscas blancas, escamas, larvas de escarabajos y de mariposas, trips y ácaros.

En la actualidad, a nivel mundial, se buscan nuevas estrategias de control de plagas, donde los hongos entomopatógenos despiertan el interés como agentes potenciales de control biológico de insectos plaga.

Los hongos entomopatógenos constituyen una alternativa de control biológico, como insecticidas microbiales, por sus características biológicas y modo de acción, ya que éstos pueden inducir la formación de epizootias²⁵.

Los insectos infectados por la aplicación inicial del patógeno mueren y la enfermedad se dispersa a través de la población de insectos, a medida que los insectos muertos liberan nuevamente el inóculo.

De esta forma las epizootias pueden continuar hasta que existan insectos nuevos disponibles y las condiciones ambientales sean

²⁵ Enfermedad contagiosa que ataca a un número inusual de animales al mismo tiempo y lugar y se propaga con rapidez.

apropiadas.

Su acción y eficiencia suelen ser independientes de los hábitats alimentarios del hospedante, pues infectan al insecto a través del integumento²⁶; características que hacen factible su uso en el control de insectos chupadores, huevecillos, pupas y adultos de todas las órdenes taxonómicas.

Dentro de estas especies se encuentran cepas de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *M. flavoviride*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *P. farinosus*, *Lagenidium giganteum*, etcétera.

Algunas de esas especies son producidas masivamente y comercializadas para el biocontrol de plagas agrícolas.

En muchas partes del mundo son aplicadas en grandes extensiones de cultivos; por ejemplo, en China se producen anualmente 3,000 toneladas de *Beauveria bassiana* para el control de barrenadores en cereales.

En Brasil, se aplica *Metarhizium anisopliae* en más de 100,000 hectáreas para el biocontrol de la mosca pinta o salivazo en caña de azúcar, así como en pastos; asimismo, este hongo también se utiliza para el control de gallina ciega y chapulines.

En Sinaloa, se usa *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana* para el control de mosquita blanca.

En Guanajuato, se utiliza *Metarhizium anisopliae* para controlar plagas del suelo.

En las regiones cafetaleras se considera como una alternativa potencial la utilización de *B. bassiana* para el control de la broca de café.

En la actualidad, se están produciendo hongos entomopatógenos por métodos semiindustriales, lo que propicia la obtención de biopreparados en base a *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., etc.

Factores que favorecen la acción de los hongos entomopatógenos.

Los hongos entomopatógenos requieren de una humedad alta para poder infectar a su hospedero, por lo que las epizootias naturales son más comunes durante condiciones de humedad abundante.

La eficacia de estos hongos, contra los insectos plaga, depende de los siguientes factores:

- Especie y/o cepa específicas del hongo patógeno
- Etapa de vida susceptible del insecto
- Humedad alta (de 80 a 100%) y temperatura entre 25 y 30°C
- Uso racional y selectivo de agroquímicos durante el ciclo del cultivo, o fuera de él, para evitar perjudicar la acción del hongo entomopatógeno

Modo de acción. Los hongos invaden el cuerpo del huésped, penetran a través de la cutícula.

²⁶ Capa externa protectora de un órgano en formación.

Una vez dentro, los hongos se multiplican rápidamente y se dispersan a través del cuerpo.

La muerte del huésped es ocasionada por la destrucción de tejidos y, ocasionalmente, por toxinas producidas por los hongos.

Una vez que el huésped muere, los hongos emergen de su cuerpo para producir esporas, las que, llevadas por el viento, lluvia o por otros insectos pueden expandir la infección.



Picudo parasitado por hongos entomopatógenos.

Síntomas observados en el insecto. Los insectos infectados dejan de alimentarse y realizan movimientos lentos; pueden morir relativamente rápido, en unos cuantos días.

Los cuerpos de los insectos muertos pueden ser encontrados sobre el follaje.

Los insectos muertos por hongos varían en su apariencia. Pueden estar cubiertos totalmente por el micelio del hongo o, en algunas ocasiones, el micelio²⁷ emerge de las articulaciones y segmentos del cuerpo.

Poco después de la muerte, el insecto se endurece, se vuelve quebradizo y se momifica.

Disponibilidad en el mercado. Para hacer un mejor aprovechamiento de los hongos entomopatógenos, existen formulaciones o preparaciones biológicas llamadas bioinsecticidas.

Se encuentran disponibles muchas especies de patógenos. Por ejemplo *Metarhizium* actúa sobre picudo o barrenillo del chile, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Cladosporium herbarum* y *Paecilomyces fumosoroseus* contra ninfas y adultos de mosquita blanca.

Seguridad en el empleo de hongos entomopatógenos. Los hongos entomopatógenos no causan ningún daño a los animales domésticos ni al hombre.

La seguridad en el uso de hongos entomopatógenos la demuestran los productos comerciales ya existentes en nuestro país.

²⁷ Estructura de filamentos que constituye la fase vegetativa de un hongo

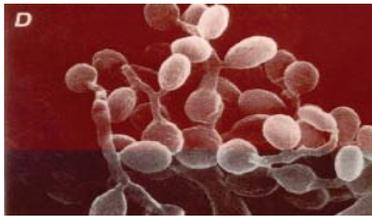
Ventajas de los hongos entomopatógenos

- No contaminan el ambiente
- No representan un peligro para insectos benéficos, aves ni para mamíferos, incluido el hombre
- No son fitotóxicos²⁸
- No generan resistencia
- No dejan presencia de residuos tóxicos en los alimentos

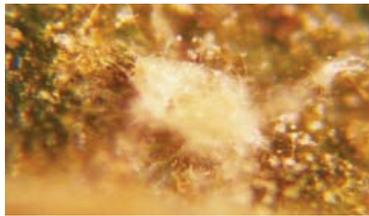
Beauveria bassiana. Es un hongo que provoca la muerte de los insectos por micosis²⁹.

Cuando las esporas que produce se ponen en contacto con los insectos plaga, emiten, en la superficie del cuerpo, un tubo germinativo que, por acción mecánica y enzimática, penetra al interior del insecto, lo invade y coloniza sus órganos.

Al ocurrir esto, el insecto muere, su cuerpo se endurece y el micelio del hongo brota a través de las articulaciones y cubre al insecto con una capa blanca, de apariencia algodonosa.



Hifas de *Beauveria Bassiana*.



Crecimiento de *Beauveria Bassiana*.

Metarhizium anisopliae. Con este hongo, los insectos afectados toman una coloración verdosa, producto del crecimiento y esporulación³⁰ del hongo en la superficie del insecto.

La forma en que actúa es: Al contactar con el insecto lo penetra e invade.

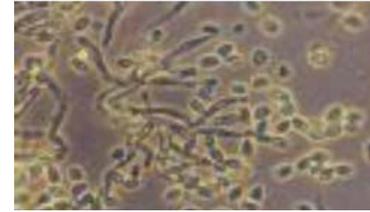
En este hongo actúan sustancias tóxicas que se producen en el interior del insecto y ayudan a un efecto más drástico.

Otra característica es que produce epizootias de forma eficiente, si las condiciones ambientales de humedad y temperatura son favorables.

²⁸ Sustancias orgánicas o minerales dañinos para el desarrollo y crecimiento de las plantas.

²⁹ Infecciones en el cuerpo humano o animal provocadas por un hongo

³⁰ Reproducción mediante esporas.



Hifas de *Metarhizium anisopliae*.

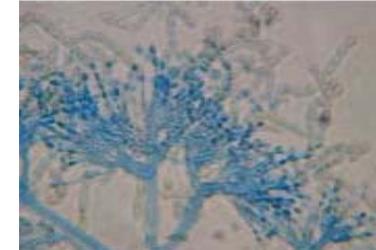


Crecimiento de *Metarhizium anisopliae*.

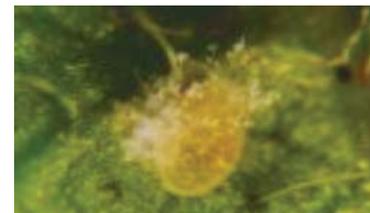
Paecilomyces fumosoroseus. Una vez adheridas, las esporas germinan y empiezan a penetrar a través de la cutícula, gracias a una combinación de presión mecánica y acción enzimática, que va degradando esta estructura externa.

Dentro del insecto, los hongos empiezan a crecer rápidamente y a producir toxinas que les permiten evadir la respuesta inmune del insecto y que, en muchos casos, son la causa directa de la muerte del hospedero.

Una vez que el hongo ha consumido todos los nutrientes y tejidos del insecto, emerge y produce esporas, para continuar con el ciclo patogénico.



Hifas de *Paecilomyces fumosoroseus*.



Ninfas de mosca blanca muertas por *Paecilomyces fumosoroseus*.

Bibliografía

Arciniega, R. J. 2007. "Uso óptimo de los fertilizantes en fertirriego", *Memoria Curso de fertirrigación y nutrición vegetal en hortalizas*. Fundación Produce Sinaloa, A. C., pp. 51-61.

Ávalos, M. J. 2007. "Producción de plántulas en invernadero", *Producción de plántulas de chile en invernadero*. Fundación Produce Sinaloa, A. C., pp. 7-11.

Bojorque, F. 2008. *Identificación de factores que aumentan la eficiencia de nutrientes*. www.hortalizas.com/es/noticias/ca_fertirriego.html

Cortez, M. E., J. R. Camacho y J. L. Meza 2008. "Control biológico de insectos plaga por conservación de enemigos naturales", *Memoria Curso de Agricultura Orgánica*. Fundación Produce Sinaloa, A.C., pp. 7-15.

Jiménez, B. J. L. *Agricultura protegida*. Madrid, España., pp. 128-144.

Lira, S. R. H. 2007. *Agricultura sustentable y biofertilizantes*.

Lira Saldivar, Ricardo Hugo 2007. *Bioplaguicidas y control biológico*.

Meneses, Miguel. *El concepto de calidad del agua*, pp.1-10.

Parra terraza, Saul 2005. "Calidad de agua para la agricultura", *Memoria Fertirrigación en Hortalizas*, pp. 21-26.

Restrepo Rivera, Jairo, Sebastiao Pinheiro y Bernardo Castro Medina 2007. *Memoria del II Taller de Agricultura Orgánica*.

Ruiz Baena, Natividad 2008. *La salinidad del agua de riego y del suelo*, pp.1-5.

Teorema ambiental 2008. *Fertirriego, vanguardia en producción y calidad de cultivos*. www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=45&id_art=2085