



**FUNDACION
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

SINALOA
ES TAREA DE TODOS
GOBIERNO
DEL ESTADO
DE SINALOA

CURSO DE AGRICULTURA ORGÁNICA Y SUSTENTABLE



COLECCIÓN
MC
MEMORIA DE
CAPACITACIÓN

Curso de agricultura orgánica y sustentable

ÍNDICE

Control biológico como estrategia base para el manejo de plagas en el sistema de producción orgánica y otros.....	7
Plan de manejo orgánico del mango.....	37
Propuestas para un sistema de producción bioagrícola en hortalizas.....	51
Sustancias vegetales y minerales en combate de plagas.....	83
Mercado de bioinsecticidas en México.....	99
Situación y perspectivas de la agricultura orgánica en México y del mercado de los productos orgánicos.....	115
Fertilizantes orgánicos en la producción y calidad de tomate en invernadero.....	129
Manejo 4M-Más en el cultivo del maíz.....	139

Control biológico como estrategia base para el manejo de plagas en el sistema de producción orgánica y otros

Edgardo Cortez Mondaca*

INTRODUCCIÓN

El mal manejo y uso irracional de insecticidas químico-sintéticos en la producción agrícola, ha provocado año con año importantes efectos secundarios nocivos sobre el medio ambiente, tales como la eliminación de la entomofauna (insectos) benéfica, surgimiento de nuevas especies de plagas, resistencia de los insectos a los plaguicidas, contaminación de los cultivos y sus cosechas, y problemas de salud en los humanos, entre otros.

El objetivo del presente tema es ilustrar a los asistentes, sobre la utilidad que tiene el método de control biológico en la regulación de los insectos plaga, las formas en las que se puede implementar este método, especialmente en la forma de conservación y aprovechamiento de los enemigos naturales, y familiarizarse con especies de entomófagos (organismos que se alimentan de insectos) más comunes en Sinaloa y otras regiones del país. Todo con el propósito de hacer de esta forma de regulación de poblaciones de insectos plagas, la estrategia principal del manejo integrado de plagas (MIP), con la finalidad de mejorar la fitosanidad de los cultivos agrícolas.

El control biológico es una estrategia primordial para el manejo de los diferentes tipos de plagas que existen, y es aplicable en cualquier sistema de producción agrícola, especialmente donde se limita o se prohíbe el empleo de agroquímicos sintéticos.

CONTROL BIOLÓGICO

Desde un punto de vista ecológico, el control biológico es la acción de un organismo vivo (parasitoide, depredador o patógeno) para mantener la densidad de otro organismo a nivel más bajo del que ocurriría en su ausencia.

Desde un punto de vista práctico, se define como el uso de enemigos naturales para el control de plagas, o como el uso de organismos vivos como agentes para el control de plagas.

Es un componente básico del manejo integrado de plagas, cimentado en el efecto que los enemigos naturales tienen sobre los organismos dañinos, regulando su población.

Existen diferentes tipos de control biológico:

* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF).

Control biológico clásico o por introducción

Consiste básicamente en buscar en el lugar de origen de la plaga su enemigo natural clave, e introducirlo al área en donde la plaga está ocasionando daño.

Control biológico por aumento

Consiste en reproducir masivamente un agente de control biológico y utilizarlo en grandes cantidades en liberaciones periódicas (inundación) o en unas cuantas ocasiones (inoculación), con la esperanza de que se establezca en el lugar en que se libera.

Control biológico por conservación

Como el nombre lo indica, consiste en aprovechar la presencia de los enemigos naturales presentes en un lugar para que regulen la población plaga, evitando realizar actividades que los perjudiquen (como la aplicación de plaguicidas). Y, en lo posible, realizando acciones que los beneficien, como establecer plantas donde se refugian y encuentran alimento suplementario, como el néctar y las flores de girasol, cilantro, manzanilla, canola y otras especies aromáticas.

La conservación de los enemigos naturales es la forma de control biológico más deseable

Sobre todo en cultivos extensivos, en donde no es redituable realizar inversiones fuertes en el costo de cultivo, ya que no tiene un costo extra.

Los organismos benéficos en el control biológico, enemigos naturales o agentes de control biológico, pueden ser depredadores, parasitoides o patógenos (entomopatógenos¹), y cada uno posee sus características particulares:

- Los depredadores son los animales que se alimentan de otros, a los que se denominan presas, y que generalmente son más pequeños que ellos. Para completar su desarrollo requieren de consumir más de una presa. Son de vida libre, tanto en estado inmaduro como adulto, ambos buscan activamente la presa. Un ejemplo conocido de depredador es la crispa o las catarinas.

- Los parasitoides son una clase especial de depredadores, porque generalmente matan al organismo del que se alimentan; los parásitos verdaderos, como las lombrices, las pulgas y los piojos, generalmente no causan la muerte del organismo en los que se hospedan. Los parasitoides son usualmente del mismo tamaño que los organismos que atacan (otra diferencia con los parásitos verdaderos), los cuales se conocen como hospedero, ya que se desarrollan dentro o sobre él. El estado larvario es el parasítico, y el adulto es de vida libre. Se alimentan de néctar y mielecillas de plantas, aunque algunas especies en estado adulto se comportan como depredadores, ya que se alimentan de las presas para obtener los

¹ Entomopatógeno: organismo causante de enfermedades en los insectos.

nutrimentos necesarios para formar los huevecillos. Cada parasitoide consume un solo individuo para completar su ciclo de vida. Un ejemplo de parasitoide es la avispa tricograma.

- Por último, están los patógenos de los insectos, también conocidos como entomopatógenos: son organismos microscópicos que causan enfermedades y muchas veces matan al hospedero, al alimentarse y desarrollarse dentro o fuera de él. Pueden ser bacterias, hongos, virus, etcétera. Por su tamaño y rápida reproducción, los patógenos son relativamente más fáciles de producir masivamente que los depredadores y los parasitoides. Además, los cadáveres de los hospederos infectados liberan millones de microbios individuales, que son dispersados por el viento y la lluvia. Pueden ser liberados contra las plagas usando equipos para bioplaguicidas, teniendo como ejemplo a *Bacillus thuringiensis*.

El muestreo de los insectos plaga y de la fauna benéfica a través del desarrollo del cultivo, es determinante para tomar las decisiones de manejo oportunas y adecuadas; por lo tanto, es una de los componentes básicos del MIP y de la implementación del control biológico por conservación. Para practicarlo adecuadamente debemos de conocer los insectos a los que nos referimos, incluyendo una serie de características.

IMPORTANCIA Y ALCANCES DEL CONTROL BIOLÓGICO

La trascendencia del control biológico está íntimamente relacionada con las razones de que existen las plagas agrícolas, y son:

- 1.La introducción de organismos exóticos libres del enemigo natural que regula su población en el lugar de origen.
- 2.La presencia alta y casi permanente de grandes áreas de cultivo que brindan recursos ilimitados a los organismos plaga.
- 3.La eliminación de los factores que regulan las poblaciones de especies fitófagas (animales que se alimentan de plantas), donde se incluyen los enemigos naturales, generalmente por el empleo de plaguicidas.
- 4.El cambio de hábitos de las personas, como el dejar abandonadas las socas de las cosechas, donde se reproducen sin restricción las especies perjudiciales.
- 5.El cambio genético intrínseco de los organismos.

De las cinco razones expuestas, en dos de ellas, en la primera y en la tercera, el método de control que nos ocupa tiene una importancia definitiva.

Como todos los métodos de control, el biológico tiene ventajas y desventajas. Entre las ventajas destacan: la casi nula contaminación del medio ambiente, que no selecciona la resistencia de la plaga, que el control con frecuencia es a largo plazo, y que es altamente redituable (la relación beneficio/costo es muy favorable). Dentro de las desventajas están: que la efectividad de los enemigos naturales es relativa a los

niveles de daño preestablecidos para determinada plaga (problema con umbrales económicos bajos), que no hay un control completo de la plaga, la ignorancia sobre sus principios y funcionamiento, y la falta de apoyo para su desarrollo.

Las empresas de agroquímicos están más interesadas en elaborar y promover sustancias que generan una dependencia, ya que solo ejercen su control de manera pasajera.

Por lo anteriormente expuesto, innumerables autores señalan que el control biológico es un componente esencial del manejo integrado de plagas, mientras que sobre el control químico se indica que es la última alternativa que se debe implementar.

INSECTOS ENTOMÓFAGOS DEPREDADORES

Catarinita roja *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae)

Los adultos son de forma hemisférica, de aproximadamente 6 mm de largo, el color de los élitros² es rojo y el pronoto³ negro con márgenes blancos y una manchita circular de tono blanco en ambos lados del escudete pronotal (Figura 1); tienen patas de color negro. Las hembras ponen de 20 a más de 1000 huevecillos (Figura 2) en la primavera o a principios del verano.

Los huevecillos son color amarillo, ovalados y de una longitud cerca de 2 milímetros (mm); son colocados en racimos, generalmente en el haz de las hojas y en tallos de diferentes plantas cultivadas y silvestres, cerca de sus presas.

Las larvas son robustas y aplanadas, de color gris oscuro y con manchitas color naranja a los lados del dorso, en partes de la cabeza, el tórax y el abdomen, y poseen patas de color negro (Figura 3). Las pupas tienen una forma hemisférica, asemejándose ya a los próximos adultos; son rechonchas, de color amarillo crema al principio, pero se tornan de color más intenso cerca de la emergencia del adulto.

Los huevecillos de la catarinita roja eclosionan en alrededor de cuatro días en primavera; tras tres semanas la larva se desarrolla del primer a cuarto instar, pupa (Figura 4) y cerca de una semana después emerge el adulto.

La catarinitas en estado adulto e inmaduro son depredadores generalistas, ya que atacan una amplia variedad de especies de insectos, principalmente pulgones (Figura 5); huevecillos, ninfas y larvas de diversos insectos plaga de cuerpo blando y pueden consumir su propio peso en áfidos⁴ por día.

Los adultos devoran más de 50 áfidos. Se presentan en la mayoría de

2 Los élitros son las alas anteriores, modificadas por endurecimiento (esclerotización), de ciertos insectos.

3 Placa dorsal del primer segmento del tórax (protórax) en los insectos.

4 Áfidos: insectos pequeños de cuerpo blando que poseen piezas bucales largas y finas con las que pueden perforar tallos y hojas para extraer los fluidos de las plantas.

los cultivos anuales y en árboles frutales cítricos, entre otros.

Catarinita anaranjada *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae)

Los adultos tienen forma hemisférica; miden alrededor de 8 mm de longitud; son de color anaranjado; comúnmente con 13 manchitas oscuras en los élitros; y la parte del pronoto de color negro con dos barritas o bandas de color claro, que convergen en los extremos cercanos al abdomen, las cuales son típicas de la especie (*convergens*); en ocasiones no presentan las manchitas en las alas anteriores, pero las dos barras del pronoto siempre están presentes en individuos de las especies nativas (Figura 6).

Los huevecillos son de 2 mm de largo, color amarillo brillante cuando son ovipositados en decenas en racimos en hojas de plantas infestadas con sus presas. Son muy parecidos a los huevecillos de la catarinita roja. Igual que las larvas, las cuales alcanzan a medir alrededor de 7 mm, son robustas y aplanadas, de color oscuro y con manchitas anaranjadas a los lados del dorso, en el abdomen, y poseen patas de color negro (Figura 7). La forma y coloración de la catarinita roja y de la catarinita anaranjada son parecidas en el estado larvario, se diferencian en que la primera presenta las manchas de color rojo-naranja en áreas más grandes.

Las catarinitas anaranjadas son voraces depredadores de diferentes especies de pulgones, principalmente (como *Myzus persicae* y *Lipaphis erysimi*), igual que otros miembros de la subfamilia Coccinellinae, como la catarinita roja; también se llegan a alimentar de otros insectos de cuerpo blando, ninfas de mosca blanca y huevecillos de diferentes insectos; una diferencia de comportamiento con la catarinita roja es que no es común observarla en árboles.

Catarinita gris *Olla v-nigrum* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)

Los adultos tienen forma hemisférica; miden de 5 a 6 milímetros; son de color gris-aperlado, con pequeñas manchitas oscuras en los élitros y el pronoto (Figura 8 y 9). También existe una forma negra, que se distingue de otras catarinitas como las del género *Chilocorus* (Figura 10) por presentar coloración blanca en el margen del escudete pronotal (Figura 11); ambas formas de *O. v-nigrum* presentan en el frente de la cabeza una mancha clara en forma de corona (Figuras 10 y 12).

Los huevecillos son de coloración y de forma parecida a los de la catarinita roja y anaranjada (Figura 2). Las larvas también son parecidas, pero varían en la coloración, son de color gris-claro (Figura 12) y con una banda de color amarillo crema a lo largo del centro del dorso. Las pupas son de color claro con manchas oscuras (Figura 13).

A la catarinita gris se le puede encontrar en cultivos anuales y en frutales cítricos, como a la catarinita roja; es depredadora de escamas, psílicos y de áfidos, sin embargo, es particularmente interesante porque se alimenta vorazmente de ninfas de mosca blanca en cultivos anuales como soya y canola.



Figura 1. Adulto de catarinita roja.



Figura 2. Huevecillos de catarinita.



Figura 3. Larva de catarinita roja.



Figura 4. Catarinita roja en estado de pupa.



Figura 5. Adulto de catarinita alimentándose de pulgones.



Figura 6. Adultos de catarinita anaranjada.



Figura 7. Larva de catarinita en busca de presas.



Figura 8. Adultos de catarinita gris, formas gris y negra.



Figura 9. O. v-nigrum forma gris.



Figura 10. Adulto de catarinita Chilocorus cacti.



Figura 11. Catarinita gris forma negra.



Figura 12. Larva de catarinita gris.



Figura 13. Pupa de catarinita gris.



Figura 14. Adulto de C. maculata en cultivo de frijol.



Figura 15. Catarinita rosada comiendo huevecillos de gusano cogollero.



Figura 16. Larva de catarinita rosada.



Figura 17. Adulto de Chilocorus cacti.



Figura 18. Larva de C. cacti.



Figura 19. Catarinita Azya.



Figura 20. Larva de catarinita Azya.



Figura 21. Adulto de Coccinella septempunctata.



Figura 22. Catarinita café.



Figura 23. Larva de Scymnus sp.



Figura 24. Catarinita Hyperaspis.



Figura 25. C. femoratus.



Figura 26. C. geminus.



Figura 27. C. vittatus.



Figura 28. Crisopa adulto.



Figura 29. Huevecillos de crisopa.



Figura 30. Larva de crisopa.



Figura 31. Pupa de crisopa.



Figura 32. Larva de carga-basura.



Figura 33. *C. claveri*.



Figura 34. *C. valida*.



Figura 35. *Crisopa café*.

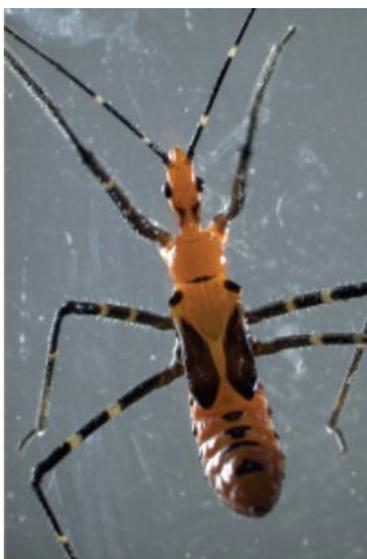


Figura 36. *Zelus sp.*



Figura 37. *Ninfa de Zelus sp.*



Figura 38. *Adulto de Zelus sp.*



Figura 39. *Huevecillo de Sinea sp.*



Figura 40. *Adulto de Sinea sp.*



Figura 41. *Chinche damisela en panoja de sorgo.*



Figura 42. *Chinche pirata Orius sp.*



Figura 43. *Ninfa de chinche pirata.*



Figura 44. *Chinche ojona.*



Figura 45. *Ninfas de chinche ojona.*



Figura 46. *Mosca sírfide en planta de canola.*



Figura 47. Larva sírfida alimentándose de un pulgón.



Figura 48. Huevecillo de mosca sírfida.



Figura 49. Larva de mosca sírfida.



Figura 50. Pupa de mosca sírfida.



Figura 51. Adulto de mosca sírfida.

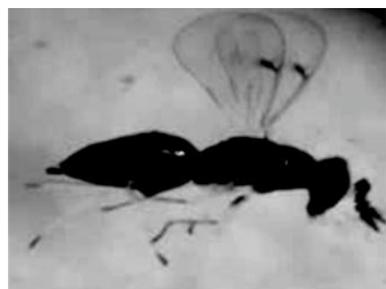


Figura 52. Avispita Neocrisocaris.



Figura 53. Avispita crisocaris.



Figura 54. Larva sana de minador de la hoja.



Figura 55. Larva afectada por parasitoides.



Figura 56. Avispita Closterocerus.



Figura 57. Aphidius (en el centro), Neocrisocaris (dos arriba); y Closterocerus (a la izquierda).



Figura 58. Porción de hoja de maíz infestada con pulgones momificados.



Figura 59. Pulgón momificado.



Figura 60. Adulto y capullo de Meteorus sp.



Figura 61. Capullo con pupas de *Euplectrus sp.* parasitada y capullo de pupas de *Euplectrus sp.*



Figura 62. Restos de larva de gusano cogollero.



Figura 63. Adulto de *Cotesia*.



Figura 64. Capullo de *Cotesia*.



Figura 65. Larva muerta de gusano cogollero y capullo de *Cotesia*.



Figura 66. *Avispita quelonus*.



Figura 67. *Eucelatoria armigera*.



Figura 68. *Trichogramma* parasitando huevecillo de *Heliothis*.



Figura 69. Huevecillo parasitado.



Figura 69. Gusano falso medidor parasitado por copidosoma.



Figura 70. Cientos de avispitas copidosoma emergidas de una larva parasitada.

Catarinita rosada *Coleomegilla maculata* DeGeer (Coleoptera: Coccinellidae)

Los adultos de la catarinita rosada son algo alargados, miden de 6 a 7 mm de largo; su color es rosado, con doce grandes manchas oscuras en la parte dorsal (Figuras 14 y 15), la parte ventral y las patas son de color negro. El área detrás de la cabeza es de color rosa con dos marcas triangulares grandes. Las larvas y los huevecillos morfológicamente se asemejan a los de otras catarinitas; en este caso, las larvas se diferencian por ser oscuras y miden unos 6 mm de longitud (Figura 16).

Los adultos y las larvas son depredadores importantes de áfidos, ácaros, huevecillos de gusano cogollero y de otros insectos, así como de larvas pequeñas. Se puede encontrar en diferentes cultivos, como maíz, alfalfa, soya, algodón, papa, frijol, col, tomate, berenjena y pepino. El polen de las plantas es una importante parte de su dieta en la etapa de adulto.

Catarinita rojinegra *Chilocorus cacti* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae)

El cuerpo de *C. cacti* es de forma hemisférica; miden de 5 a 6 mm; son de color negro muy brillante, con dos grandes manchas rojas en los élitros, el abdomen es amarillo o rojo (Figura 17). Las larvas son negras o grises y con aspecto espinoso (Figura 18). Los huevecillos son pequeños (cerca de 1.1 milímetros de largo), color naranja.

Esta catarinita es poco común en cultivos agrícolas, pero es abundante en plantas silvestres, se alimenta principalmente de escamas armadas, como casi todas las especies de *Chilocorus* en árboles frutales y otros.

Catarinita *Azya* sp. (Coleoptera: Coccinellidae)

La catarinita *Azya* en estado adulto mide alrededor de 3 mm de diámetro, es de color negro con élitros pubescentes (con pelillos), en el centro de cada ala anterior o élitro presenta una mancha circular de color negro mate (Figura 19). Dichas manchas o puntos se aprecian de otro tono negro debido a la ausencia de pubescencia. Se desconocen los huevecillos. Las larvas tienen parecido a los piojos harinosos, llegan a medir cerca de 4 mm en su último instar de desarrollo y presentan proyecciones de cera de color blanco (Figura 20). Generalmente, los piojos harinosos o cochinillas presentan dos prolongaciones o filamentos en la parte posterior del cuerpo, lo que no se observa en las larvas de esta catarinita. Las pupas son semejantes a las larvas, pero de mayor tamaño.

Las larvas y los adultos de *Azya* se alimentan de escamas armadas, escamas suaves y piojos harinosos. En la región, esta catarinita ha sido vista más que nada en árboles frutales, sobre todo en mango y en cítricos, pero también se ha registrado en maíz y en frijol en los meses de primavera.

Catarinita de siete manchas *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae)

Esta catarinita es un depredador relativamente grande, de 7-8 milímetros,

con una mancha blanca o pálida a ambos lados del pronoto, en la parte posterior a la cabeza. El cuerpo tiene una forma hemisférica, parecida a la catarinita roja o a la anaranjada. El patrón de puntos es generalmente 1-4-2 (Figura 21), en total son siete (septempunctata= siete puntos).

Las larvas son oscuras con tres pares de patas prominentes, llegan a medir cerca de los siete milímetros de longitud.

Los huevecillos son pequeños, miden cerca de 1 milímetro de largo. Las hembras pueden poner entre 200 y 1000 huevos sobre un período de uno a tres meses lo que comienza en el verano. Los huevos se depositan generalmente cerca de presa tales como áfidos (pulgones), a menudo en racimos pequeños en sitios protegidos en las hojas. Se alimenta de pulgones y chinche verde

Catarinita café *Scymnus loewi* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae)

Los adultos son de forma un tanto ovalada; miden de 1.5 a 2 mm de largo, su cuerpo está cubierto de pelo muy fino, son de color café-oscuro con una mancha grande de color café-claro en el pronoto y otras dos café oscuro en la parte posterior de los élitros (Figura 22). Las larvas parecen pequeños piojos harinosos, pero sin filamentos caudales (Figura 23).

Esta catarinita es muy abundante en plantas silvestres y cultivos agrícolas como maíz, algodón, soya y alfalfa, entre otros. Se alimenta de araña roja, trips, ninfas de mosquita blanca y pulgones.

Catarinita *Hyperaspis* sp. (Coleoptera: Coccinellidae)

Esta catarinita es de cuerpo oval, compacto y liso, mide 2.5 mm (Figura 24). Presenta un patrón de coloración muy llamativo de color negro con manchas irregulares de color crema brillante. En la región norte de Sinaloa no se han observado los estados inmaduros (huevecillos y larvas). Tiene hábitos arbóreos, pero se ha detectado en maíz. Se encuentran sobre el follaje, donde colocan sus huevecillos en forma individual. Adultos y larvas son depredadoras de chinches y áfidos; además, los adultos se han observado sobre colonias del psílido de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en plantas de limón.

Escarabajo colops, *Collops femoratus* Schaeffer (Coleoptera: Melyridae)

Los adultos miden 5 mm de largo, son de color rojo-anaranjado en los élitros y el pronoto, con cuatro manchas azul metálico (Figura 25). Los machos tienen antenas con segmentos basales ensanchados. Depredan áfidos, ácaros y huevecillos, y larvas de algunos lepidópteros⁵. Hay pocas referencias de los estados inmaduros de los colops; de las larvas se sabe que son de color rosado, aplanadas, con las patas cortas y con una pinza caudal; viven en el suelo y son parcialmente depredadoras, ya que también se alimentan de materia orgánica en descomposición.

⁵ Lepidópteros: orden de insectos que agrupa a mariposas, polillas y orugas.

Cuando las larvas de colops terminan su desarrollo construyen una celda en el suelo para pupar. Los adultos se pueden observar en cultivos como alfalfa, soya, maíz y otros. Otras dos especies presentes en el noroeste de México son *C. geminus* Erichson y *C. vitatus* (Say) (Figura 27). La primera especie, *C. geminus* tiene una coloración parecida a *C. femoratus*, pero se distingue por presentar dos manchitas de color azul en el área dorsal del pronoto y por medir alrededor de 8 mm (Figura 26), un poco menos del doble en tamaño que *C. femoratus*. Por su parte, *C. vitatus* mide unos 6 mm y se reconoce por tener la cabeza azul metálico, una mancha en el pronoto del mismo color y una banda longitudinal en cada élitro (Figura 27).

Crisopa *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae)

Los adultos son de coloración verde clara; abdomen cilíndrico y alas bien desarrolladas, transparentes y con venación bien definida (alas de encaje) son de tamaño medio, de 9 a 15 mm de largo; los ojos son prominentes y de tonos iridiscentes (Figura 28). Los huevecillos son colocados en la punta de un pedicelo (una especie de asta), en el follaje de las plantas infestadas por insectos que forman parte de su alimentación (Figura 29); al principio son de color blanco-verdoso y conforme se aproxima la eclosión se oscurecen.

Las larvas tienen apariencia de pequeños caimancitos (Figura 30) con mandíbulas sobresalientes; en el tercer instar llegan a medir alrededor de 8 mm. Pupan en un capullo de seda de forma esférica que adhieren al follaje y pueden confundirse con huevos de araña (Figura 31). Los adultos y las larvas de diferentes especies son muy similares a simple vista, las características que las diferencian se tienen que observar al microscopio.

En el norte de Sinaloa se presentan al menos cuatro especies de crisopas verdes: *Chrysoperla rufilabris*, (Burmeister), *C. carnea* (Stephens), *C. externa* (Hagen) y *C. comanche* (Banks); todas en estado de larva (caimancito) son depredadores de numerosas especies plaga, principalmente de pulgones, ninfas de mosquita blanca, ninfas de paratrioza, ninfas de chicharritas, ácaros (araña roja), huevecillos y larvas de diferentes especies de gusanos, etcétera. Los adultos se alimentan de néctar en las inflorescencias de diferentes plantas. La especie *C. carnea* se reproduce en laboratorio para liberaciones en cultivos comerciales.

La crisopa es uno de los depredadores más abundantes en la región, principalmente en cultivos de alfalfa, algodón, canola, soya, frijol y maíz, entre otros. En los últimos dos mencionados se presentan con mayor frecuencia a partir de marzo, al poco tiempo en que se incrementan las poblaciones de pulgones y huevecillos, y larvas chicas de gusano cogollero y gusano elotero.

Crisopa carga-basura *Ceraeochrysa* spp. (Neuroptera: Chrysopidae)

Los adultos de la crisopa carga-basura son similares en forma y tamaño

que la crisopa verde *Chrysoperla* spp., solo se pueden distinguir por características que a simple vista no se aprecian. Los huevecillos también son similares, aunque se señala que el pedicelo⁶ en el que son depositados es más recto que el de la crisopa verde. Las larvas también presentan un tamaño similar, pero poseen apéndices prolongados en forma de gancho en el dorso, estos le sirven para sujetar los restos de las exuvias⁷ de los insectos de los cuales se alimentan, para camuflajearse (Figura 32). Después de la nacimiento, las larvas inician su alimentación sobre presas tales como escamas, ácaros, piojos harinosos y psílidos, en diferentes etapas de desarrollo; así como huevecillos y ninfas de mosca blanca. El hábito de camuflajearse lo realizan como una medida de defensa, para protegerse de sus propios enemigos naturales. En la región se tienen detectadas dos especies de *Ceraeochrysa*: *C. claveri* (Figura 33) y *C. valida* (Figura 34); la primera especie se presenta en cultivos anuales como soya, pero es más abundante en frutales como cítricos y mango, la segunda se ha detectado en mango, aunque no se descarta su presencia en otros frutales.

Crisopa café (Neuroptera: Hemerobiidae)

A los hemeróbidos se les denomina vulgarmente crisopas café, por el gran parecido que tienen con la crisopa común (verde) en estado larvario y adulto (Figura 35), los cuales son depredadores de ácaros e insectos de cuerpo suave, especialmente de áfidos, piojos harinosos, escamas, larvas pequeñas de lepidópteros y mosquita blanca. La biología de los hemeróbidos también es muy similar a la de los crisópidos, con la excepción de que por lo general los primeros parecen preferir temperaturas más frescas. Los huevecillos son depositados cerca de las presas, son elongados, de color café claro, son ovipuestos individualmente y no presentan pedicelo; las larvas con forma de caimancitos son de color café, un tanto más aplanadas y delgadas que las larvas de crisopa; otras características que se pueden tomar en cuenta para diferenciar las larvas de crisopa café de la crisopa verde es que las primeras poseen patas poco prominentes y menos expuestas al observarlos dorsalmente, tienen la cabeza y las mandíbulas más chicas.

La especie *Micromus subanticus* está presente en Sonora y Baja California, mientras que en Estados Unidos hay al menos 13 especies del género *Hemerobius*.

Chinche damisela o pajiza *Nabis* sp. (Hemiptera: Nabidae)

Los adultos miden de 8 a 10 mm de largo, son de color pajizo; como la chinche asesina, las patas delanteras forma raptorial que utiliza para

⁶ En Botánica se llama pedúnculo, pedículo o pedicelo (si bien este último término se aplica más a setas), a la ramita o rabillo que sostiene una inflorescencia o un fruto tras su fecundación.

⁷ La exuvia es la cutícula o cubierta exterior (exoesqueleto), abandonada por los artrópodos (insectos, crustáceos o arácnidos) tras la muda.

capturar presas (Figura 41).

Los adultos se mueven muy rápido y se encuentran comúnmente volando sobre el follaje de las plantas, en etapa de ninfa se encuentra en el piso de los cultivos. Los adultos son eficientes depredadores. Adultos y ninfas depredan a gran variedad de insectos de cuerpo blando, entre estos a pulgones, chicharritas, chinche lygus, pequeñas larvas de gusanos e incluso de mayor tamaño de ellas. En sorgo, soya, frijol, tomate, y otras hortalizas, se presentan alimentándose de plagas que afectan al cultivo.

Chinche pirata *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae)

De 2 a 3 mm de largo, de forma oval y aplanada; de color negro con una marca blanca en el dorso, en forma de X. Poseen una cabeza triangular con un pico prominente proyectado hacia el frente (Figura 42). Se han encontrado tres especies de chinches piratas en el noroeste de México, *Orius insidiosus* (Say), *O. tricolor* (White) y *O. thyrates* Herring.

La chinche pirata puede ser confundida con otras chinches de la familia Miridae, como la chinche saltona negra *Spanagonicus albofasciatus* (Reuter), las cuales presentan antenas y patas más largas, y por lo tanto son menos aplanadas que la chinche pirata.

Los huevecillos son muy difíciles de observar, ya que además de ser pequeños, los insertan dentro del tejido de las plantas. Las ninfas jóvenes de la chinche pirata son de forma oval, color naranja, con una distintiva glándula odorífera en el abdomen y ojos café rojizos (Figura 43). Las ninfas maduras son de color café oscuro.

La chinche pirata es un depredador generalista muy abundante en los diferentes cultivos anuales, como alfalfa, maíz, cultivos de granos pequeños, algodón, soya, tomate, etc. Adultos y ninfas se alimentan de huevecillos, larvas y ninfas de insectos psílidos, como paratíroza, trips, ácaros, áfidos, mosca blanca y larvas pequeñas de chinches, y de gusanos. La chinche pirata *Orius* spp., está disponible comercialmente para ser utilizada en invernadero para el control de trips.

Chinche ojona *Geocoris punctipes* Say (Hemiptera: Lygaeidae)

Los adultos de la chinche ojona tienen cuerpo oval y un tanto aplanado; miden entre 4 a 6 mm de largo, son de color gris a negro-cafesoso; alas transparentes con reflejos plateados; como su nombre lo indica, presentan ojos prominentes, además de un pico bien desarrollado (Figura 44). Existen otras chinches que pueden ser confundidas con la chinche ojona, principalmente de especies de la misma familia, sin embargo, no poseen ojos tan grandes. Los huevecillos depositados individualmente en la superficie de las hojas son elongados, de color amarillo pálido, con una mancha roja en el extremo apical (lo que a la postre son los ojos de las ninfas). Las ninfas son muy parecidas a los adultos (Figura 45), poseen cabeza con ojos bien desarrollados; miden un poco menos que los adultos en su máximo desarrollo; son de color gris con manchas negras y antenas

bien desarrolladas.

La chinche ojona es un depredador voraz y abundante en diferentes cultivos anuales, como alfalfa, soya, algodón, sorgo, etc.; en estado adulto y como ninfa depredan chinches fitófagas, chicharritas, araña roja, en diferentes estados de desarrollo; huevecillos y ninfas de mosca blanca (Figura 43); así como huevecillos y larvas de gusanos.

Mosca sírfide *Allograpta obliqua* (Diptera: Syrphidae)

La especie detectada en estado adulto mide alrededor de 1 cm de largo, tiene el cuerpo negro con bandas amarillas en el abdomen, cabeza grande con grandes ojos compuestos de color rojo y las alas transparentes, tienen cierto parecido con las abejas melíferas (Figuras 46 y 51). Los huevecillos son color blanco y alargados, son ovipuestos en forma individual sobre el follaje de las plantas (Figura 48). Las pupas son café y se asemejan mucho a semillas de uva (Figura 50).

Las larvas de muchas especies de sírfidos (Figura 47 y 49) se alimentan casi exclusivamente de insectos, principalmente del orden Homóptera, al que pertenecen la mayoría de los insectos chupadores como la mosquita blanca, los pulgones y las chicharritas; es muy común encontrarlas en plantas de sandía y otras cucurbitáceas, y plantas ornamentales infestadas con pulgones o áfidos, como también se les conoce.

INSECTOS ENTOMÓFAGOS PARASITOIDES

Avispita neocrisocaris *Neochrysocharis* (*Chrysonotomyia*) sp. (Hymenoptera: Eulophidae)

La especie de avispita neocrisocaris (Figura 42), encontrada en esta región, mide alrededor de 1.5 mm de largo en estado adulto; tiene el cuerpo de color verde-oscuro metálico; patas claras con manchas café oscuro en el fémur, la tibia y el tarso (Figura 52).

La avispita neocrisocaris es un parasitoide del minador de la hoja *Liriomyza* spp., y un endoparasitoide de *Liriomyza trifolii* en diferentes cultivos anuales; se señalan siete especies de neocrisocaris, siendo *N. formosa* (Westwood) parasitoide de *L. trifolii*, por lo que la especie detectada en la región podría tratarse de esta, la cual ha sido el parasitoide más abundante de mosca minadora encontrado en la región norte de Sinaloa.

Avispita crisocaris *Chrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae)

El adulto de esta avispita mide alrededor de 1 mm de largo, es de color verde metálico brillante, ojos café-rojizo, alas claras con venación muy reducida, típica de la superfamilia Chalcidoidea y patas de color pálido (Figura 53); la especie *C. parski* está reportada en el norte de Sinaloa y se distingue de otras especies del género por presentar patas pálidas, con excepción de parte de las coxas y el último segmento tarsal, o sea, los extremos apical y basal de las patas.

Hay pocos reportes de la morfología de los estados inmaduros, posiblemente debido a que transcurren en forma oculta, sin embargo, se sabe que es un parásito interno (endoparasitoide) de larva-pupa de algunas especies de minadores de la hoja, como *Liriomyza trifolii* y *L. sativae* (Diptera: Agromyzidae) registradas en la mayoría de los cultivos del noroeste de México.

En diversos cultivos la presencia y acción de parasitoides como este, neocrisocaris (Figura 52) y closterocerus (Figura 56) es suficiente para mantener controlada la población de mosca minadora, posiblemente como sucede en el cultivo de canola, pues a pesar de que el insecto plaga es de las especies fitófagas más abundantes, se registra poco daño en el cultivo, pero las aspersiones de agroquímicos, sobre todo los insecticidas, eliminan fácilmente su población.

Para saber si una larva de minador de la hoja o mosca minadora, como también se le conoce, está sana (Figura 54) o afectada por un parasitoide, o muerta por cualquier otro factor, es suficiente con inspeccionarla con una lupa de alrededor de seis aumentos o más, las larvas afectadas se aprecian como manchas necróticas (Figura 55) y en otras ocasiones se alcanza a distinguir la forma del inmaduro del parasitoide, muy diferente a las larvas del minador, que son de color amarillo claro.

Avispita closterocerus *Closterocerus cinctipenis* (Hymenoptera: Eulophidae)

El adulto de este parasitoide mide aproximadamente 0.7 mm; es de color oscuro y, al menos en parte, es de color metálico (Figura 56) y con patas de tono claro; es parecido a neocrisocaris, incluso observándolo al microscopio, pero se diferencia fácilmente debido a su menor tamaño y a que en las alas frontales tienen dos bandas de color café-oscuro (Figura 57), una en la parte apical y otra en la mitad. Igual que crisocaris es de hábitos ocultos y se conoce poco respecto a los estados inmaduros, pero igualmente se reporta como parasitoide de la mosca minadora.

Avispita *Aphidius (Lysiplhebus) testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae)

Aphidius testaceipes es una avispa pequeña un poco menor a 3 mm de longitud, con cabeza y tórax de color negro; abdomen y patas de color café. Presenta antenas y alas bien desarrolladas (Figura 57). Por su movilidad y su tamaño pequeño es difícil de observar en campo, pero los áfidos "momificados" que quedan sobre el follaje luego de que la avispa se ha desarrollado en su interior, son muy fáciles de detectar (Figuras 58 y 59).

En el noroeste de México está reportada también la avispa smithi (*Aphidius smithi*), muy parecida a lisiflebus; se distingue por ser de coloración más clara y por ser ligeramente de mayor tamaño, y por parasitar al pulgón *Acyrtosiphon pisum*, plaga del chícharo y de la alfalfa.

En el noroeste de México lisiflebus parasita pulgones como *Schizaphis graminum* (Rondani), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *R. rufiabdominalis*

(Sasaki) y *Aphis gossypii* Glover, no parasita a *Macrosiphum avenae* (F.) ni a *A. pisum*.

Se les denomina momias a los pulgones parasitados, sin movimiento, de color beige tono papel estraza y de forma esférica e hinchada; que en su interior contienen al parasitoide lisiflebus en estado de pupa o adulto próximo a emerger (Figuras 58 y 59); sucedido lo anterior, el parasitoide deja un orificio circular en el integumento (envoltura) del insecto, generalmente en la parte del tórax. Los áfidos parasitados que todavía no llegan a esa etapa, tienen coloración verde y presentan movimiento, pero ya muestran una forma redondeada o esférica, por lo que se pueden distinguir de aquellos no parasitados.

Avispita *Meteorus* sp. (Hymenoptera: Braconidae)

En estado adulto *Meteorus* sp., es una avispa de unos 6 mm de largo, con el cuerpo de color café-naranja, y los ojos y las antenas de color oscuro (Figura 60). La hembra posee un ovipositor de color oscuro, bien definido. El capullo en el que pupa es de color café rojizo, de aproximadamente 5 mm de largo, el cual cuelga del borde de las hojas con una especie de hilo de seda. El inmaduro se desarrolla dentro del hospedero y en condiciones de temperaturas de 27 °C, el desarrollo de huevecillo a pupa transcurre en ocho días y en seis días pasa de pupa a adulto.

Algunas especies de este parasitoide, como *Meteorus laphygmae* Viereck y *Meteorus autographae* Muesebeck se reportan atacando al gusano cogollero y a diferentes especies del género *Spodoptera*, en diferentes estadios de desarrollo larval. En el norte de Sinaloa *Meteorus* sp., se detectó atacando a gusano cogollero en maíz, en la época en que la plaga es abundante, al inicio de la primavera.

Avispita *Euplectrus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae)

Las avispidas *Euplectrus* sp. son de tamaño pequeño, alrededor de 2 mm de largo; son de color oscuro y con alas de venación muy reducida. La hembra deposita varios huevecillos en la parte externa del dorso del hospedero, de los cuales se desarrollan varios hasta ser adultos, a lo que se le conoce como parasitismo gregario. Una característica muy distintiva de las avispidas de la tribu Euplectrini, es que para pupar los parasitoides se desarrollan juntos en un capullo (cocón) que se adhiere a la cabeza del insecto hospedero (Figuras 61 y Fig. 62).

Euplectrus platyhyphenae Howard, es un parasitoide de gusano cogollero y de varias especies de gusano soldado, gusano del fruto *Heliothis* spp., y gusano falso medidor *Trichoplusia ni* (Hübner), entre otros miembros de la familia Noctuidae, y está reportado presente en localidades del centro de Sinaloa, en Jalisco y Michoacán como parasitoide de gusano cogollero, posiblemente es la misma especie del norte de Sinaloa, en donde se presenta al inicio de la primavera, en cultivos de maíz con presencia de *S. frugiperda*.

Avispita *Cotesia marginiventris* Cresson (Hymenoptera: Braconidae)

Los adultos de *Cotesia marginiventris* son unas avispitas de aproximadamente 3.5 mm de longitud, con la cabeza y el tórax de color negro y el abdomen color oscuro con partes color café-miel (Figura 63). Por su tamaño y alta movilidad, raramente se pueden observar en el campo. Asimismo, los estados de huevecillo y larva pasan desapercibidos, pues se desarrollan dentro del cuerpo del hospedero. La hembra inserta los huevecillos dentro del cuerpo de larvas de primeros dos instares del gusano cogollero. La larva se desarrolla por alrededor de una semana en el interior del gusano y al final sale para construir un capullo en donde pupar; el gusano muere poco después de la emergencia del parasitoide.

Cotesia elabora una pupa en capullos de color blanco, como de seda, de forma cilíndrica, de aproximadamente 4 mm de largo (Figura 64); en esta etapa de desarrollo es fácil de detectar en el campo, cerca del lugar en donde las larvas estuvieron alimentándose del gusano hospedero, relativamente cerca del cogollo de las plantas y de las larvas parasitadas (Figura 65).

Este parasitoide de gusano cogollero es el más abundante en los meses de enero a marzo en cultivos de maíz y sorgo, en abril es difícil de encontrarlo. Aunque en cultivos de algodón se pueden encontrar capullos de *Cotesia* en meses de verano, pero se desconoce si se trata de la misma especie que ataca a cogollero.

Existen cerca de 200 especies de avispitas del género *Cotesia* (*Apanteles*) (Braconidae) en E.U., la mayoría son parasitoides de larvas de lepidópteros que viven en forma expuesta, como el gusano soldado, las larvas de palomilla dorso de diamante, el gusano falso medidor, etc.

C. marginiventris y *Cotesia ruficrus* Haliday, son parasitoides del gusano cogollero en maíz. En Estados Unidos *C. marginiventris* está disponible comercialmente para ser utilizado contra el gusano falso medidor, el gusano del fruto *Helicoverpa* spp., y el gusano falso medidor.

Avispita *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae)

Chelonus insularis es una avispa de cerca de 4 mm de largo; con cabeza, tórax y abdomen de color negro brillante y alas transparentes; y un tórax completamente quitinizado, formando una sola pieza en el dorso del abdomen, a manera de un caparazón que recuerda a los quelonios (tortugas) (Figura 66). *C. insularis* presenta dos manchas blancas, una a cada lado de la parte apical del tórax.

Es un endoparasitoide de huevecillos y larvas del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) y de otros lepidópteros plagas de las familias Noctuidae y Pyralidae, entre estos a gusano del fruto *Heliothis virescens* y *H. zea*, gusano soldado *Spodoptera exigua*, gusano falso medidor *Trichoplusia ni*.

Mosca eucelatoria *Eucelatoria armigera* Coquillett (Diptera: Tachinidae)

La mosca *Eucelatoria armigera* tiene una apariencia muy similar a la mosca doméstica *Musca domestica* L. (Muscidae), tanto en el patrón de coloración gris-oscuro, como en tamaño de alrededor de 7 mm; los estados inmaduros también son parecidos a los de la mosca doméstica. *Eucelatoria* presenta dos bandas negras en el tórax, y el abdomen naranja con el ápice de los segmentos abdominales de color oscuro (Figura 67). Se desconocen características de comportamiento.

La mosca eucelatoria parasita larvas de Lepidoptera de la familia Noctuidae, especialmente del género *Heliothis* (gusanos del fruto), pero también *Spodoptera* (como gusano cogollero y soldado) y *Trichoplusia* (como el gusano falso medidor).

Avispita *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Tricograma es un diminuto parasitoide de huevecillos preferentemente de huevos frescos de lepidópteros (Figura 68). Alcanza a medir de 0.2 a 1 mm y es difícil de observar en campo por su diminuto tamaño. Los machos presentan las antenas más largas que las hembras y en forma plumosa. La presencia de tricograma en campo se detecta de forma indirecta, por la coloración de los huevecillos parasitados de color oscuro (Figura 69). El ciclo de vida en el huevecillo del insecto hospedero es aproximadamente de ocho días a 25 °C. Tricograma ha sido empleada ampliamente en el manejo integrado de plagas con las liberaciones periódicas en los cultivos de maíz y tomate contra diversos lepidópteros, entre ellos *H. virescens* y *H. zea*, entre otros. Esta avispa parasitoide está disponible comercialmente en laboratorios de producción de la región, a precios muy bajos comparado con los agroquímicos convencionales.

Avispita *Copidosoma truncatellum* (Dalman), (Hymenoptera: Encyrtidae)

Los adultos de la avispa copidosoma miden alrededor de 1 mm, son de color púrpura, café-oscuro o negro, de brillo metálico. El abdomen es reducido, más o menos del tamaño del tórax; presentan una espina prominente en la parte apical de las tibias, pero sobre todo en las de las patas anteriores. Las hembras depositan uno o dos huevecillos en el huevecillo de larvas de lepidópteros; después de que emerge el gusano, el huevecillo del parasitoide se desarrolla en el tejido del insecto plaga; y después, cuando el gusano llega a su madurez larval sobreviene la muerte; la larva parasitada se desarrolla en forma normal, pero al final de su estado pierde movilidad y adquiere una apariencia momificada, como si estuviera afectada por algún hongo (Figura 66). De las larvas afectadas por copidosoma emergen cientos de avispitas (Figura 67) derivadas de un solo huevecillo (poliembrión).

La presencia de copidosoma se registra afectando grandes cantidades de larvas de lepidópteros defoliadores, como el gusano falso medidor, que se presenta en altas cantidades en canola y otros cultivos como soya; parasita también a gusano soldado y gusano medidor de la alfalfa.

RECOMENDACIONES PARA FAVORECER LA PRESENCIA Y LA ACTIVIDAD DE ENEMIGOS NATURALES DE INSECTOS PLAGA EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

La naturaleza provee todas las herramientas necesarias para realizar un exitoso manejo de las plagas agrícolas. Por lo tanto, es necesario imitar en lo posible a los ecosistemas naturales para reducir a un nivel aceptable el daño de las plagas agrícolas, sobre todo diversificar los cultivos, recuperar y conservar la salud del suelo, así como aprovechar la presencia de enemigos naturales. Lo anterior es particularmente factible en sistemas de producción orgánica.

Es importante estar consciente del efecto negativo de cualquier aplicación de agroquímicos, por lo que se debe evitar la aplicación de insecticidas, los cuales son más tóxicos para los enemigos naturales, que para los insectos plaga.

Se deben utilizar insecticidas biológicos; es factible usar bioinsecticidas a base de entomopatógenos con probada efectividad, tales como, *Entomophthora virulenta* y *Verticillium lecanii* para el control de áfidos y *Bacillus thuringiensis*, para el control de larvas de lepidópteros, entre otros; asimismo, se pueden realizar liberaciones masivas de parasitoides como la avispa *Trichogramma pretiosum*, para el combate de huevos de lepidópteros; larvas depredadores como *Chrysoperla carnea* y *Ch. rufilabris* se alimentan de un sinnúmero de insectos plaga. Dichos bioinsecticidas y/o enemigos naturales, están disponibles en los centros de reproducción de organismos benéficos regionales con un costo económico reducido.

El empleo de insecticidas biorracionales como los mencionados (biológicos, reguladores de crecimiento, jabones, extractos botánicos, minerales, etcétera) propician, o al menos no afectan notablemente la presencia y permanencia de la fauna benéfica, y se mantiene un equilibrio natural entre insectos fitófagos y entomófagos; esto reduce el riesgo de que plagas de importancia secundaria y potencial alcancen el nivel de plaga principal.

Se recomienda promover el incremento de la biodiversidad en los agroecosistemas, una de las principales estrategias para el manejo de plagas, la cual consiste en establecer un sistema de producción en el que se incluyan diferentes especies de plantas cultivables y arvenses, como una forma de imitar los ecosistemas naturales en donde las plagas no existen; la diversidad propicia un adecuado balance o equilibrio poblacional de insectos consumidores primarios (fitófagos) y de insectos consumidores secundarios (entomófagos).

Los insectos fitófagos diversifican su alimentación, utilizando las diferentes especies de plantas, y se promueve una mayor presencia de

entomófagos, atraídos por especies vegetales aromáticas o con floraciones llamativas por su coloración y aspecto. Por ejemplo, se recomienda establecer hileras de plantas o surcos alternos de alfalfa, cilantro, canola, frijol yurimoni, entre otros.

Además, se recomienda establecer árboles en el perímetro de la superficie agrícola, que funcionen como cortina rompevientos, para reducir la presencia de polvo en los cultivos, ya que este afecta la presencia y actividad de insectos benéficos pequeños como las avispidas parasitoides, y a la vez pueden servir como fuente de insectos benéficos.

Asimismo, la fecha de siembra es una de las medidas de mayor importancia para tener el mejor desarrollo del cultivo de que se trate. Con una siembra adecuada y precisa en fecha, se obtiene la mejor producción; esto se debe a que las plantas se desarrollan durante el periodo en que se registran las mejores condiciones climáticas, y también cuando la presencia de las plagas es menor por efecto del clima y otros factores que las regulan, entre estos los enemigos naturales presentes.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso N., G., REC. Murguía, R., y J. A. Celmo, C., 2003. Producción de *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae). In: I. López-Arroyo y M. A. Rocha-Peña (eds). Memorias del Curso Nacional Identificación y Aprovechamiento de Depredadores en Control Biológico: Chrysopidae y Coccinellidae. INIFAP-UANL-SENASICA-SMCB. Monterrey, N. L. Méx. pp. 81 – 87.

Alvarado R., B., y J. T. Trumble, 1999. El manejo integrado de las plagas: un ejemplo en el cultivo de tomate en Sinaloa. In: S. Anaya, R., y J. R. Nápoles *et al.* Hortalizas, plagas y enfermedades. Edit. Trillas. ISBN 968-24-1283-8. México, D. F. pp. 435 – 449.

Altieri, M.A., y C. I. Nicholls, 1994. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Perspectivas agroecológicas 2. Altieri, M. A. (trad.). Icaria Edit. S. A. de C. V. Barcelona, España. 247 p.

Altieri, M.A., and C. I. Nicholls, 2007. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Icaria ed. Barcelona, España. 247 p.

Altieri, M.A., C.I. Nicholls, and M.A. Fritz, 2005. Manage insects on your farm; a guide to ecological strategies. Sustainable Agricultural Network. Handbook series book 7. Beltsville, M.D. 119 p.

Badii M., H., L. O. Tejada, A. E. Flores, C. E. López, E. R. Cancino y H. Quiroz, 2000. Historia, Fundamentos e Importancia. In: Badii M., H., A. E. Flores y L. J. Galán, W. (eds). Fundamentos y perspectivas de control biológico. Universidad autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N. L. Méx. pp. 3 – 17.

Borror, D. J., C. A. Triplehorn and N. F. Johnson. An Introduction to the Study of Insects. Sixth ed. Saunders College publishing. U. S. A. 876 p.

Boling, J. C., and H. N. Pitre, 1970. Life history of *Apanteles marginiventris* with descriptions of immature stages. J. Kansas Entomol. Soc. 43: 465-470.

Byerly, M. F. K., 1989. Manejo integrado de problemas fitosanitarios. En: Memorias VI Semana del parasitólogo UAAAN-CONACYT. Buenavista, Saltillo, Coah. Pp 7-22.

CABI, 2000. Crop Protection Compendium. Wallingford UK: CAB INTERNATIONAL.

CABI, 2005. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB INTERNATIONAL.

Cortez M., E., 2002. Fluctuación poblacional de insectos con relación al desarrollo fenológico de la canola *Brassica napus* y *Brassica rapa* (Capparidales: Brassicaceae). Informe Técnico. Campo Experimental Valle del Fuerte. CEVAF-CIRNO-INIFAP. Juan José Ríos, Sin. 20 p.

Cortez M.E., J. Macias, C., y J.L. Martínez, C., 2003. Evaluación de insecticidas bioracionales para el control de afidos (Homoptera: Aphididae) en canola en el norte de Sinaloa. In: Memorias del VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. UABC. Mexicali, B. C. pp. 625-631.

Cortez, M. E., N. Castillo, T., y J. Macias, C., 2004. Enemigos Naturales para el control biológico de insectos plaga en canola. CIRNO-CEVAF.

Folleto técnico No. 22. Juan José Ríos, Sin. 34 p.

Cortez, M.E., F.J. Orduño, C., y M. Buitimea, L., 2005. Especies de Chrysopidae que atacan *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae) en soya, en el norte de Sinaloa, México. Memorias de XXVIII Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico.

Cortez, M.E., J.R. Camacho, B., J. L. Meza, G., y J. Romero, B., 2006. Insectos entomófagos asociados a cultivos de grano en el norte de Sinaloa. III Foro CECYT. Culiacán, Sinaloa. S/n p.

Croft, B. A., 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. New York. Wiley Intersci 732 p.

DeBach, P., 1975. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Chapman and may LTD. Traduc. C. M. Castaños. México, D. F. 949 p.

Flint, M.L., and P. Gouveia, 2001. IPM in practice; principles and methods of Integrated Pest Management. University of California, Davis. Publication 3418. 279 p.

Flint; M. L. and S. H. Dreistadt, 1998. Natural Enemies Handbook; the Illustrated Guide to Biological Pest Control. University of California. Publication 3386. 154 p.

Gurr, G. M., Wraten, S. D., and Barbosa, P., 2000. Success in conservation biological control of arthropods. In: G. Gurr and S. W. Biological Control: Measures of success. Kluwer Acad. Publish. pp 125.

Hagen, K. S., N. J. Mills, G. Gordh and J. A. McMurtry, 1999. Terrestrial arthropod predators of insect and mite pests. In: T. S. Bellows and T. W. Fisher (Ed). Handbook of biological Control; Principles and applications of biological control. Academic Press. U. S. A. pp. 383-461.

King, E. G., 1998. Perspectivas del control biológico por incremento. *Vedalia*, 5:91-95.

López-Arroyo, J. L., C.A. Tauber, and M.J. Tauber, 1999. Comparative life-histories of the predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana* and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 92: 208-217.

Mead, F.W., 2004. Big-eyed bugs *Geocoris* spp. (Insecta: Hemiptera: Lygaeidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. University of Florida. Publication Number: EENY-252. Florida, USA. http://creatures.ifas.ufl.edu/beneficial/bigeyed_bugs.htm. Diciembre de 2007.

Meister, P. C., 2002. Farm Chemicals Handbook; Global Guide to Crop Protection 2002. Volume 88. MEISTERPRO Information Resources. Willoughby, OH. C 48 pp.

Metcalf, R. L y W. H. Luckman (comps). Introducción al manejo de plagas de insectos. Trad. al español, García T, A. y R. Elizondo, M. 1ra y 2da edición. Limusa, S. A. de C. V. México, D. F. 123-172.

Molina-Ochoa, J., J.E. Carpenter, R. Lezama-Gutiérrez, J.E. Foster, M. González-Ramírez, C.A. Angel-Sahagún, and J. Farías-Larios, 2004. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Mexico. Florida Entomologist 87(4):

461-472.

National Academy of Sciences, 1996. Ecologically based pest management; new solutions for a new century. National Research Council. National Academy Press. Washington, D.C. 144 p.

Pacheco M., F., 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH-INIFAP-CIANO-CAEVY. Libro Técnico Núm. 1. Ciudad Obregón, Sonora, México, 414 p.

Pereira, N. C. J., 1997. Respuesta agregativa de adultos de *Coleomegilla maculata* a la densidad y distribución de los huevos del cogollero del maíz. *Bioagro* 9(2): 35-42.

Sourakov, A., and .E. Mitchell, 2000. Featured Creatures. USDA, Gainesville. University of Florida. Publication number: EENY-123. http://creatures.ifas.ufl.edu/misc/wasps/cotesia_marginiventris.htm.

Sterh, F. W., 1990. Parásitos y depredadores en el manejo de plagas. In: R. L. Metcalf y W. H. Luckmann, edits. *Introducción al manejo de plagas de insectos*. Limusa Noriega. ISBN 968-18-3275-2. Traducción al español García T., A. México, D. F. pp. 173-222.

Tauber, C.A., T. de León, J. I. López, A., and M.J. Tauber, 2000. The genus *Ceraeochyrsa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: larvae, adults and comparative biology. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 1195-1221.

Tauber, C.A., and T. de León, 2001. Systematics of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of *Ceraeochyrsa* from Mexico. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 94: 197-209.

Vivas, L., 2006. Gusano barrenador; gusano cogollero; gusano ejército *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith 1797. Fichas Técnicas de Organismos Plaga. Sociedad Venezolana de Entomología. www.plagas-agricolas.info/ve/fichas/ficha.php?hospedero=58&plaga=173 (consulta: 12 septiembre, 2006).

Werner, F. G. S/f. Keys for the identification of parasitic insects in Arizona agricultural areas. Technical bulletin 236. College of Agriculture-Agricultural Experiment Station-The University of Arizona. Tucson, Arizona. 38 p.

Plan de manejo orgánico del mango

Jesús Valero Garza*

INTRODUCCIÓN

El mango es uno de los frutales más importantes en zonas tropicales y subtropicales del mundo, y es reconocido como uno de frutos tropicales más finos.

La cosecha mundial de mango en 2007 fue de 31.4 millones de toneladas. India ocupó el primer lugar, con 43%, siguiéndole China con 12%, y México ocupa el tercer lugar con 6% del total producido.

En el 2007 las exportaciones mundiales de mango alcanzaron un valor de 842.6 millones de dólares. México ocupó el segundo lugar con 14% del total, superado por India (19%). Los principales compradores son Estados Unidos (20%) y la Unión Europea (46%).

En 2008, México produjo 1.7 millones de toneladas en 182 mil hectáreas, de las cuales se exportan de 12 a 14 %. Durante los últimos tres años se han exportado alrededor de 44 millones de cajas, siendo Tommy Atkins, Ataulfo, Kent, Haden y Keitt las variedades más importantes. En 2009, México exportó 223 mil toneladas, con un valor de 124.12 millones de dólares. Los principales destinos de exportación fueron Estados Unidos (85%) y Canadá (12%), quedando el resto para Japón y la Unión Europea.

En México, en el otoño-invierno de 2005 se cultivaban 2 mil 132 hectáreas de mango orgánico, que en su mayoría (de 85 a 90 %) se exportó a Estados Unidos, Canadá, Chile, Inglaterra, Austria, Japón e Italia. En Nayarit se encuentra cerca de la mitad de esa superficie productora de mango orgánico.

PODA

Dos aspectos importantes a considerar antes de realizar la poda, son la época y la intensidad en que debe realizarse.

Muchos señalan que la mejor época para realizar la poda es inmediatamente después de la cosecha, debido a que mientras más temprana se haga, el árbol dispone de más tiempo para recuperar su copa

* Campo Experimental Santiago Ixcuincla del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

y madurar los brotes; así, cuando se presenten condiciones inductivas los brotes tendrán edad fisiológica adecuada para florecer. No obstante, se ha observado que cuando la poda se realiza inmediatamente después de la cosecha (julio) ocurren dos flujos vegetativos antes de que se presente la floración, lo cual no es recomendable porque incrementa el tamaño del árbol considerablemente; aunque este no es un inconveniente para que produzcan frutos satisfactoriamente.

Cuando la poda se realiza en septiembre, solo se presenta un flujo vegetativo, y permite tener brotes de madurez fisiológica adecuada para florecer en invierno. Por el contrario, cuando la poda es tardía (noviembre), el flujo vegetativo puede presentarse en una intensidad muy baja o no presentarse, en este caso la floración se retrasa, disminuye considerablemente o se inhibe por completo.

La poda de formación se realizará cuando la Luna está entre cuarto creciente y Luna llena. Una poda ligera o moderada (cortes de 0.50 a 0.75 metros de longitud en ramas con un grosor entre 2 y 3 centímetros de diámetro) da lugar a una brotación adecuada; es decir, después de la poda se producirán de tres a seis nuevos crecimientos vegetativos por rama podada, los cuales madurarán el mismo año de realizada la poda y darán lugar a la producción del siguiente año (Figura 1). Esta poda no disminuye la producción, pero sí pudiera retrasarla, y el tiempo de retraso dependerá de la época en que se realice; por ello, lo más recomendable es realizarla de julio a septiembre, para tener el menor efecto sobre la época de cosecha.

PREPARACIÓN DEL SUELO Y CONTROL DE MALEZAS

Si no se tiene cobertura con leguminosas, cortar la maleza y abonar la tierra. Esta actividad se debe hacer cuando la luna se encuentre entre



Figura 1. Poda ligera o moderada en árboles en plena producción.



Figura 2. Corte de maleza y desmenuzamiento de ramas.



Figura 3. Corte de maleza con desbrozadora.

cuarto menguante y luna nueva, desde tres días antes hasta tres días después de la fase lunar. Se puede llevar a cabo con una chapoleadora (macheteadora) con el tractor, o con una desbrozadora manual.

ABONADO DE LA TIERRA

El abonado de la tierra se realizará de acuerdo a la edad de los árboles y del avance de la recuperación de la tierra. Para iniciar el proceso (el primer año) se debe seguir la recomendación del Cuadro 1. Hasta el tercer año se usa esta cantidad, y se va reduciendo paulatinamente según se va recuperando la fertilidad de la tierra; después del séptimo año se aplica 1 tonelada por hectárea (t/ha), solo para mantener la fertilidad.

SIEMBRA DE ESPECIE LEGUMINOSA DE COBERTURA

Cuando se cuenta con agua para riego, se recomienda establecer una especie leguminosa de cobertura como clitoria, *Arachis pintoi*, mucuna, o de preferencia alguna leguminosa nativa, como el cacahuatillo silvestre. Para cubrir el suelo, evitar la erosión, generar un hábitat adecuado para los organismos benéficos que controlan plagas y enfermedades del mango.

Cuadro 1. Requerimiento de composta por árbol y por hectárea según la edad del árbol de mango.

Edad del árbol (años)	Requerimientos de composta	
	t/ha	kg/planta
2	1	10
6	3	30
10	4	40
14	5	50
18	5	50
20	4	40

t/ha: toneladas por hectárea.

RIEGO

Se recomienda dar riegos cada 20 o 30 días, pero en verano se requiere regar cada 15 días.

FERTILIZACIÓN FOLIAR O EN EL AGUA DE RIEGO

Se recomienda hacer aplicaciones de biofertilizantes (Super Magro mejorado, Biofish, humus líquido reforzado, aminoácidos de frutas, bacterias desintegradoras de materia orgánica; cualquiera de estos o la mezcla nutritiva completa) al 5% foliar o de 60 a 100 litros por hectárea (L/ha) en el agua de riego, en cada riego; la experiencia indica que el mango aprovecha mejor los biofertilizantes cuando son aplicados en el agua de riego.

Siempre es más económica la aplicación en el agua de riego que la aplicación foliar. Cuando no se cuenta con un sistema de irrigación, se recomienda llevar el agua en una pipa y aplicar el agua con cubetas o con una manguera.

PREVENCIÓN DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las principales plagas del mango que se presentan en Nayarit son: trips, escama blanca y las moscas de la fruta; y las principales enfermedades son la antracnosis, la cenicienta, la muerte descendente, el cáncer de tronco y ramas, y la malformación floral (conocida como escoba de bruja).

Para la prevención de las plagas y enfermedades, la primera recomendación es la asociación del mango con algunas especies anuales que sirvan para atraer especies benéficas (como la crisopa, que controla al trips y la escama blanca); estas especies pueden ser algunas leguminosas de cobertura, como la clitoria (*Clitoria ternatea*) y la mucuna (*Stylosobium* sp.), incluido el frijol (*Phaseolus vulgaris*) y algunas leguminosas nativas como el frijolillo rastreador; también se ha visto que el maíz (*Zea mays*) es una buena planta compañera para el mango, ya que también es atractiva para la crisopa

Otro aspecto importante es el monitoreo de plagas y enfermedades, revisando frecuentemente si se presenta alguna plaga o enfermedad.

Trips (*Selenothrips rubrocinctus*)

Es un raspador chupador muy pequeño, se requiere de lupa para poder verlo y es la posible causa inicial de la roña del fruto, pero también ataca a las hojas nuevas del árbol.

La escama blanca del mango (*Aulacaspis tubercularis*)

Es un insecto muy pequeño, mide de 1 a 3 milímetros, se encuentra en los árboles que no se podaron y por lo tanto no están bien ventilados y no les entra el sol; la escama blanca presenta varias fases de desarrollo, desde huevecillo, ninfa 1, ninfa 2, prepupa, pupa y adulto.

- La plaga se manifiesta en hojas y frutos en colonias en forma semicircular (ver Figura 6), dejando en los frutos pequeñas manchas circulares decoloradas a consecuencia de las sustancias tóxicas que inyectan cuando se alimentan (Figura 7).

- La presencia de manchas en los frutos deprecia el valor económico de las cosechas y restringe su comercialización en los mercados nacionales e internacionales.

Las moscas de la fruta (*Anastrepha* spp.)

Estas especies se consideran de importancia, debido a que pueden generar problemas de cuarentena de los frutos y de la región, por lo que generan altos costos en campañas fitosanitarias para mantener sus poblaciones a niveles de baja prevalencia, así como en tratamientos hidrotérmicos en los empaques, para eliminar estados inmaduros que podrían ir en algún fruto y así evitar la dispersión de la plaga.

En Nayarit, las especies de mosca de la fruta que mayormente se han detectado son: *A. obliqua*, *A. ludens*, *A. striata*, y *A. serpentina*. Las hembras de las moscas de la fruta ovipositan en los frutos entre 60 y 70 % de grado de madurez.

Para monitorear las poblaciones de las moscas de la fruta se usan las trampas McPhail, que se elaboran con: fermentos de frutas, melaza 10 mililitros por litro, más 5 gramos de conservador bórax, utiliza 250 mililitros de la mezcla por trampa. Revisándose semanalmente.

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*)

Es un hongo que en el inicio de la enfermedad se presenta en los tejidos jóvenes, flores y frutos de los árboles en desarrollo y en producción. En las ramas y hojas se presentan manchas pequeñas de color café oscuro y negro; cuando la enfermedad es muy severa, las inflorescencias se marchitan y secan, como consecuencia no hay polinización y se reduce el número de frutos. Los frutos jóvenes afectados se desprenden y caen, y en los maduros se forman las características manchas negras concéntricas pequeñas, que aumentan su tamaño a medida que los frutos maduran. 41

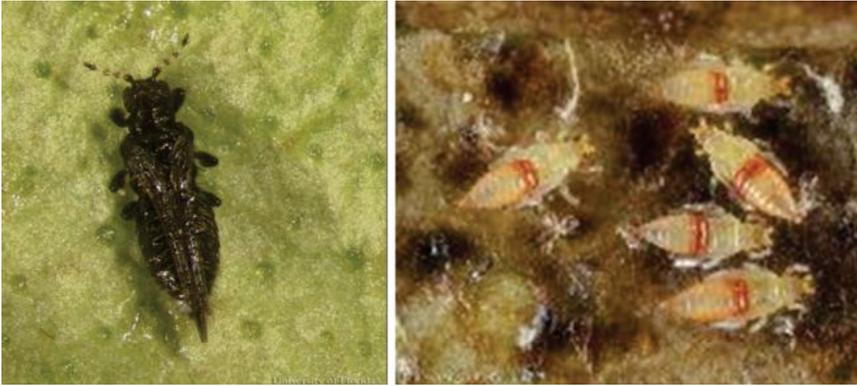


Figura 4. Imágenes de trips (*Selenothrips rubrocinctus*) adulto y en estadios juveniles.



Figura 5. Imágenes del daño de trips en frutos y hojas de mango.



Figura 6. Escama blanca del mango (*Aulacaspis rosae*) en hojas.



Figura 7. Daño de escama blanca en fruto de mango.



Figura 8. Mosca de la fruta y sus daños en un fruto de mango.



Figura 9. Trampa Mcphail en un árbol de mango.



Figura 10. Síntomas de antracnosis en hojas, flores y fruto de mango.



Figura 11. Cenicilla en flor y hojas de mango.



Figura 12. Malformación floral del mango (escoba de bruja).



Figura 13. Muerte descendente en mango en Tecuitata, San Blas, Nayarit, 2011.



Figura 14. Cáncer del tronco y ramas del mango.



Figura 15. Trampa matadora con Espinosad GF 120 NF.

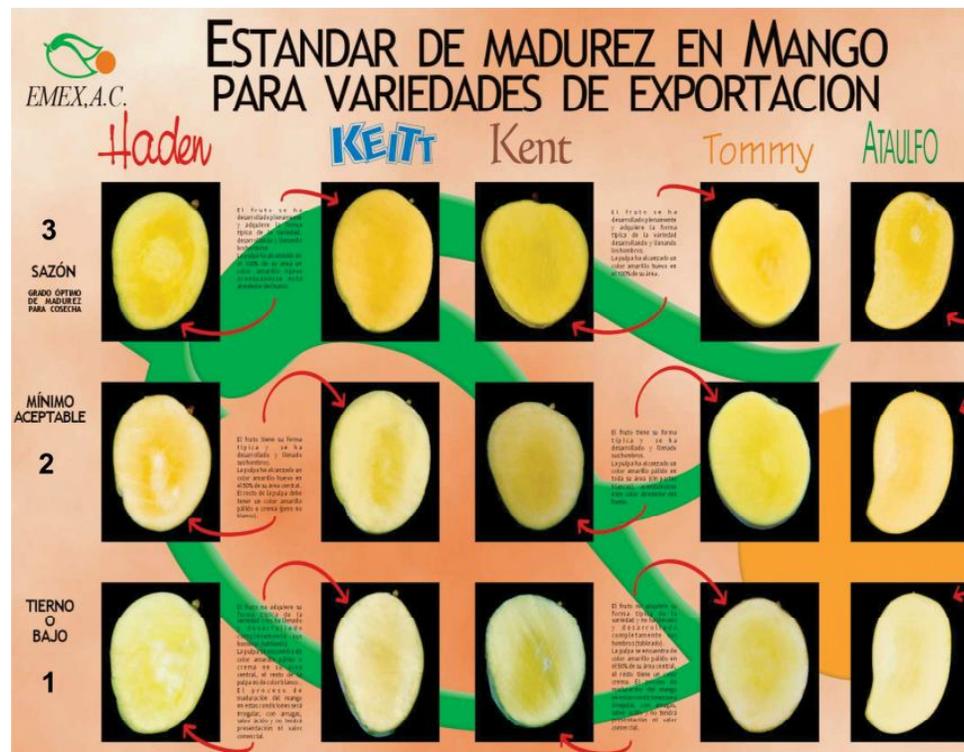


Figura 16. Color de la pulpa del mango, según los estándares de madurez para variedades de exportación.

La antracnosis requiere de la presencia de alta humedad y alta temperatura para su desarrollo, por lo que se espera que se presente cuando hay lluvias o la neblina por la mañana y después se eleva la temperatura al medio día.

La cenicilla (*Oidium mangiferae*)

Es un hongo que se presenta en tejidos jóvenes de inflorescencias, hojas y frutos. Se presenta con mayor intensidad al inicio de la floración, mostrándose como si fuera un polvo blanco; las partes afectadas de las flores se secan y caen, causando pérdida de flores y, por consiguiente, disminución de frutos. Los frutos afectados desarrollan una apariencia parecida al daño de la roña del fruto. Cuando el ataque es muy fuerte en las hojas, el polvo blanco se observa en el envés y el haz de las hojas, después se tornan rojizas y se caen del árbol.

La cenicilla como la antracnosis también requiere de alta humedad y alta temperatura para su desarrollo.

Malformación floral del mango (escoba de bruja)

Se considera al ácaro (*Aceria mangiferae*) como el principal vector de los hongos *Fusarium oxysporum* y *F. subglutinis* a los que se les atribuye la causa de la enfermedad.

Las inflorescencias deformes continúan su crecimiento hasta el final de la estación, entonces se marchitan, quedando como masas compactas de color negro que se mantienen hasta el próximo año. Las inflorescencias afectadas generalmente no producen fruto y cuando lo hacen, los pierden prematuramente.

El hongo de la muerte descendente (*Botrydiploida theobromae*)

En las hojas inicia con lesiones de color gris pardo con puntos negros, seguido de un secamiento. En las ramas se observa un secamiento en forma progresiva y descendente con puntos negros en la corteza, puede presentarse solo en un lado del árbol. En algunos casos se reporta una exudación de goma característico de la enfermedad del tronco y ramas.

Hongo cáncer del tronco y ramas (*Thielaviopsis paradoxa*, *Doige ceratostomelia*)

Inicia con un agrietamiento en tronco y ramas, con secreciones; el síntoma típico en el árbol es un debilitamiento general, una necrosis que provoca la muerte de la rama.

PARA EL CONTROL ECOLÓGICO DE LA PLAGAS DEL MANGO

Ajo con canela

Para el control del trips se puede utilizar un extracto de ajo con canela; se hierven por media hora 2 kg de ajo y 0.5 kg canela, en 20 litros de agua; se aplica frío, diluido al 1 %. Se aplica al follaje y a los frutos.

Tepache

Otra alternativa es el tepache de piña. Se usan ocho piñas de más o menos 600 gramos cada una, y 1 kg de melaza en un tambo de 100 litros con salida de gas. Se deja reposar de 21 a 30 días; se filtra y se diluye 1 litro de tepache, más 200 gramos de bicarbonato de sodio, en 200 litros de agua. Se aplica al follaje y a los frutos.

Caldo sulfocálcico

Para el control de la escama blanca del mango se aplica caldo sulfocálcico (5%) al follaje, sobre todo dentro del árbol.

Poda de saneamiento

Se ha encontrado que la escama blanca del mango se presenta en árboles que no han sido bien podados, en los que no tiene buena ventilación y entrada de luz. Por lo que se recomienda como medida preventiva para esta plaga y algunas enfermedades que afectan al mango, como la antracnosis, fumagina y la cenicilla, la poda de saneamiento eliminando todas las ramas internas que no van a dar frutos.

Trampas matadoras

Para el control y prevención de las moscas de la fruta, hay que apegarse a las campañas regionales contra esta especie, a excepción de las aplicaciones de Malatión aéreas; también se pueden usar las trampas matadoras con atrayente y Spinosad GF 120 NF.

Caldo sulfocálcico sílico

Para la prevención y control de la mosca de la fruta se recomienda usar el caldo sulfocálcico sílico (es sulfocálcico, más 4 kg de ceniza) aplicado al follaje y a los frutos, cuando las frutos tengan 60% de madurez para evitar que la mosca los dañe.

Para la prevención de estas moscas es necesario eliminar después de la cosecha todos los frutos que estén en la huerta, ya sea en el árbol o tirados en el suelo, para evitar su reproducción.

Cebos de cáscara de naranja

Para el caso de la hormiga *Atta*, se recomienda poner cebos de cáscara de naranja pintados por el lado blanco con sulfato de cobre, para el control de las mismas.

Bioinsecticidas

Para el control de las plagas se pueden utilizar también bioinsecticidas (hongos y bacterias benéficos), como los que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Bioinsecticidas para el control de plagas en el cultivo de mango orgánico.

Hongo come insectos, hongos o nematodos (gusanos redondos)	Especies que controla	Gramos en 200 litros de agua
<i>Beauveria bassiana</i>	Ácaros, chinches, hormiga arriera y trips	100 a 200
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Picudos barrenadores	50 a 100
<i>Verticillium lecanii</i>	Trips, pulgones y mosca blanca	50 a 200
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Nematodos (<i>Meloidogyne</i> , <i>Aphelenchus</i> , <i>Tylenchus</i> , <i>Pratylenchus</i> , etc.)	100 a 200
<i>Entomophthora virulenta</i>	Trips, chicharritas, piojos harinosos	0.5 a 2 litros
<i>Trichoderma lignorum</i>	Pudiciones y hongos (<i>Fusarium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Verticillium</i> , etc.)	100 a 200

COSECHA

Se recomienda cosechar cuando el color de la pulpa sea 2 (mínimo aceptable), para que soporte de 11 a 15 días a la madurez, según la variedad.

Los frutos deben cosecharse en madurez fisiológica (sazón) para que resistan el empaque y transporte.

Para la prevención y control de enfermedades del mango usar los caldos fungistáticos como se presenta en el Cuadro 3.

Siempre desinfectar los implementos usados para no distribuir la enfermedad.

En el estado, los frutos de mango son cosechados en forma manual, mediante el uso de ganchos provistos de una red a "jalón" y son vaciados en las cajas; debe evitarse que la fruta sufra caídas o golpes, si esto sucede, los frutos deben desecharse, ya que su maduración es más rápida y acelera la maduración de los demás frutos acortando la vida de anaquel y se afecta la calidad.

Es recomendable realizar un lavado de la fruta con agua y jabones comerciales en las dos primeras horas de cosechados, para evitar daños (quemadura de frutos) por látex, sobre todo en Ataulfo, que es un cultivar muy susceptible al daño por látex.

Cuadro 3. Prevención y control de las principales enfermedades del mango.

Enfermedad	Prevención y control
Escoba de bruja	Aplicación preventiva de sulfocálcico (5%) cada 30 días; poda sanitaria al final del ciclo, quema de la poda. No aplicar el sulfocálcico en floración.
Cenicilla y antracnosis	Aplicación preventiva de sulfocálcico (5%) cada 10 días, por un mes, antes y pasada la floración, en invierno. Cuando aumenta la humedad por lluvia o neblina aplicar azufre humectable, a razón de 0.5 kg en 100 litros de agua, o 2 kg de carbonato de potasio en 100 litros de agua cada semana.
Fumagina	Se puede utilizar la recomendación de arriba, pero también es mejor utilizar 2 litros de aceite de cocinar (el más barato en el mercado local) en 100 litros de agua, usando una barra de 400 gramos de jabón amarillo (tipo Tepeyac, Lirio, o semejantes) sin color ni aroma artificial.
Muerte descendente y cáncer del tronco y ramas	Podar las ramas muertas. Donde hay agrietamiento en la corteza, quitar la corteza y raspar con un cepillo de alambre, curar alternando sulfocálcico concentrado y pasta bordelesa. Evitar excesos de humedad en la pata del árbol

BIBLIOGRAFÍA

EMEX, A.C., 2010. Exportación de mango, temporada 2009. www.mangoemex.org. Marzo, 2010.

Osuna-García, J. A. y Nolasco-González, 2010. Postcosecha e inocuidad del mango para exportación. 2do. Seminario Técnico del Campo Experimental Santiago Ixcuintla del INIFAP, Documento Interno. p 3.

Restrepo, J. 1997. Manual de curso taller de agricultura orgánica, en el Ocotil, Edo. de Mex. Junio 1997, p 17.

Valero G., J. (1999). Control natural de insectos. Periódico Info Produce Querétaro, Año 2, No. 11 Marzo 1999. p 1.

Valero-Garza, J. 2011. Principios para la prevención ecológica de plagas y enfermedades. En: Memoria del curso de capacitación: Agricultura orgánica. En La Expo Agro Sinaloa 2011, Fundación Produce Sinaloa, A.C., Culiacán, Sinaloa. P. 21-29.

Vázquez-Valdivia, V.; Pérez-Barraza M.H.; Osuna-García, J.A. 2006. Importancia del cultivo y generalidades. En: Vázquez-Valdivia, V.; Pérez-Barraza, H. (Ed.) El cultivo del mango: Principios y tecnología de producción. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico Núm. 1. Santiago Ixcuintla, Nayarit. ISBN: 968-800-672-6. P. 3-8

Vázquez, V., V., Pérez B., M. H. y Osuna G., J. A. 2010. La poda del mango. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Libro Técnico Núm. 2, Santiago Ixcuintla, Nayarit. P. 25-40

Propuestas para un sistema de producción bioagrícola en hortalizas

José Ramírez Villapudua*
Roque A. Sainz Rodríguez**

LA BIOAGRICULTURA

La bioagricultura es un término inclusivo para cualquier terreno agrícola que usa métodos de labranza orgánicos o biodinámicos, sin fertilizantes sintéticos o químicos, y es una respuesta al preocupante deterioro ambiental ocasionado por la agricultura intensiva y el uso de equipo y sustancias de efectos nocivos. También es el arte de combinar la sabiduría antigua y la tecnología de punta para llegar a una agricultura orgánica sostenible.

La bioagricultura da solución a los tres grandes problemas más significativos de nuestro tiempo:

- El cambio climático y el futuro sustentable del planeta.
- La seguridad alimentaria para la población mundial creciente.
- El alivio de la pobreza.

Esta alternativa no contempla solo el uso de equipo y técnicas de siembra, sino que observa el problema como un todo (holístico), en el que existe una dimensión social, una ecológica, una política y una económica.

Una respuesta agrobiológica para la producción de alimento suficiente y bueno para una humanidad creciente, debe contemplar múltiples factores. El proceso de producción tiene que considerar diferentes aspectos: la genética, la edafología¹, la agronomía y su coevolución con la sociedad en que se desenvuelve.

* Agrobiológica, S.A. de C.V.

** Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

¹ Edafología: ciencia que estudia el suelo en su composición, estructura, clasificación, formación y potencialidades agrícolas.

Muchas de las alternativas han surgido de las acciones e investigaciones de científicos y agricultores preocupados por encontrar formas de producción viables con el desarrollo social y ecológico. Parte de las soluciones propuestas tienen que ver con limitar el uso de fertilizantes sintéticos y encontrar en la forma de cultivo una mejor alternativa para obtener buenas cosechas, sin emplear compuestos sintéticos.

El uso exhaustivo de fertilizantes sintéticos que adicionan cantidades descomunales de nitrógeno y otros promotores del crecimiento, al suelo y además de contaminarlo, son arrastrados a los embalses y al manto freático, contaminando el agua y produciendo fenómenos de eutrofización² y la formación de nitritos causantes de cáncer.

También es preocupante el uso de controles químicos para evitar el crecimiento de malezas y el desarrollo de plagas y enfermedades que merman las cosechas, por ello es otra de las áreas de investigación. La bioacumulación³ que producen compuestos de gran impacto a la salud de los organismos, así como su acción nociva sobre las cadenas y redes alimenticias naturales.

Los proyectos agroecológicos deben considerar aspectos como:

- Incrementar el reciclaje de biomasa y mejorar la disponibilidad de nutrientes de manera balanceada.
- Incrementar el manejo de materia orgánica y actividad biótica en el suelo para mejorar el crecimiento.
- Atenuar los efectos del aire, el agua y el sol como factores de erosión y evaporación mediante el cultivo en invernadero.
- Manejar la diversidad genética y de especies en los cultivos a lo largo del tiempo.
- Practicar la diversidad en los cultivos para aprovechar los diferentes servicios ecológicos que prestan.

Estos principios aunados a un buen conocimiento y manejo del mercado, pueden ofrecer muy buenos resultados.

La diversidad agroecológica en el tiempo (rotación de cultivos) y en el espacio (cultivo simultáneo) ha ofrecido importantes beneficios desde la antigüedad. Esta diversidad puede practicarse de diferentes formas:

- Rotación de cultivos que alternan especies que tienen un impacto distinto sobre el suelo, absorbiendo diferentes nutrientes, evitando así el empobrecimiento de alguno de ellos.

² En ecología el término eutrofización designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. Eutrofizado es aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes.

³ La bioconcentración o bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos.

- Policultivo, se practica sembrando especies que se complementan y no compiten entre sí.
- Sistemas agroforestales, que incorporan al desarrollo de bosques el cultivo de ciertas variedades.
- Cultivo de cubierta, en el que se siembran plantas bajas como las hortalizas, a la sombra de árboles frutales.
- Incorporación de la cría de algunos animales compatibles con los cultivos, a los que brindan abono natural.

Estos procesos contribuyen a:

1. Mantener cubierto el suelo para evitar la pérdida de agua y materia.
2. Promover el aprovechamiento de la materia orgánica natural.
3. Aumentar el reciclaje de nutrientes.
4. Promover el control de plagas.

Estos beneficios redundan pronto en la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad:

1. Aumenta la inmunidad del sistema, dado que no ofrece un blanco fácil y estático para las plagas.
2. Reduce la toxicidad por la eliminación de agroquímicos.
3. Optimiza el uso de recursos como el agua, la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes.
4. Favorece el equilibrio de los diferentes elementos biogeoquímicos⁴.
5. Aumenta la conservación de los recursos naturales y de la biodiversidad.
6. Incrementa la productividad en el tiempo.

La bioagricultura apenas empieza, sin embargo ya forma parte de los planes de estudio de muchas instituciones educativas donde se han de capacitar y formar los recursos humanos que puedan mejorar esta práctica, logrando alimentos suficientes y la conservación ambiental.

Entre los principales inconvenientes se encuentra la poca difusión de estas técnicas en el mundo, la falta de disposición del consumidor para dar prioridad a los productos orgánicos, y la competencia inequitativa con respecto a otros productos obtenidos convencionalmente, que frecuentemente se encuentran subvencionados por los gobiernos de

⁴ La biogeoquímica estudia la interacción entre los compuestos geoquímicos y los organismos vivos. Es necesaria para comprender el funcionamiento de los seres vivos, desde el nivel de organización celular hasta el ecosistema que conforman. Además, esta ciencia permite comprender el porqué de muchos de los problemas ambientales actuales (cambio climático, destrucción de la capa de ozono, contaminación), y de procesos esenciales para nuestra sociedad (producción de cultivos, reciclaje de residuos, depuración).

muchos países.

Este documento aspira a contribuir a una solución al cambio climático global, y también pretende compartir soluciones prácticas a la seguridad alimentaria y al alivio de la pobreza, con aplicaciones inmediatas de bajo costo.

Los mercados de exportación cada vez son más exigentes sobre la tolerancia hacia las hortalizas; con el uso de esta tecnología se ayudará a eliminar cualquier tipo de restricción sanitaria que pudiera haber para la exportación de productos agrícolas, porque se pueden cosechar alimentos sin residuos químicos tóxicos; e incluso contaminados por microorganismos patógenos (que provocan enfermedades) a los seres humanos (como las bacterias coliformes fecales y las causantes de salmonelosis), además de contribuir a la no contaminación del medio ambiente y a la creación de una cadena de valor, y lo cual redundará en más inversión y en más empleos para la población.

LA BIOAGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Todos los métodos de agricultura convencional en el mundo han reducido la cantidad de carbono almacenado en el suelo. Se estima que la cantidad total de carbono del suelo debido a la bioagricultura es muchas veces más que la cantidad de carbono [como bióxido de carbono (CO₂)] emitida por la industria desde el comenzó la Revolución Industrial.

Se ha estimado que la agricultura es responsable de 16% de las emisiones antropogénicas (causadas por el hombre) globales. La producción y uso de fertilizantes sintéticos es responsable de hasta 50% de estas emisiones. Debido a que la bioagricultura no usa fertilizantes químicos, ofrece gran potencial para detener las emisiones agrícolas.

Los resultados importantes en la lucha contra el cambio climático revelan el poder masivo del secuestro del carbono, usando suelos agrícolas, el bajo costo y la facilidad de la implementación de esta solución.

Los métodos de cultivo bioagrícolas han demostrado que secuestran más de 3-7 toneladas métricas de CO₂ por hectárea al año en el suelo. Esto ha sido verificado en más de 30 experimentos de campo en el mundo, algunos de los cuales han durado más de 40 años.

Estos experimentos compararon los métodos de labranza convencional y la bioagricultura. Se encontró que mientras que los métodos de labranza bioagrícolas continuamente incrementaron el carbono del suelo, los sistemas de cultivo convencionales lo redujeron.

Nuestra propuesta está basada en una conversión gradual de los terrenos agrícolas a la bioagricultura. A medida que más y más terrenos de labranza convencional sean convertidos, se sacarán de la atmósfera una cantidad creciente de las emisiones de gases de invernadero las cuales se guardarán como carbono del suelo.

La secuestro del carbono en el suelo es una estrategia ganadora. Mitiga el cambio climático, compensando las emisiones del hombre; mejora el ambiente, sobre todo la calidad de las aguas naturales; mejora la calidad del suelo; mejora la productividad agrícola y la seguridad alimentaria.

El desafío de nuestro tiempo es crear un acuerdo mundial en estos problemas. Ningún país en forma individual puede dar solución a sus propios problemas, toda la comunidad humana necesita trabajar en conjunto.

PESTICIDAS ALTERNATIVOS

Los biopesticidas son productos que contienen un microorganismo como ingrediente activo o se extraen de un ser vivo mediante procedimientos que no alteran su composición química. Pueden estar constituidos por toda o una parte de la sustancia extraída, concentrada o no, adicionada o no a sustancias coadyuvantes.

Bioinsecticidas

Históricamente los bioinsecticidas han sido los más estudiados de los biopesticidas. Estos pueden estar formulados a base de bacterias, virus u hongos.

Biofungicidas

Muchos han sido los organismos que de manera experimental han sido aislados y se ha probado su actividad fungicida, aunque no todos han desarrollado un producto comercial. En general son productos formulados a base de bacterias u hongos.

Bioherbicidas

Los bioherbicidas son productos basados en microorganismos capaces de matar selectivamente las malas hierbas sin dañar los cultivos. Estos agentes de control biológico pueden ser de origen bacteriano o fúngico (hongos):

BACTERIAS

Los condicionantes para su uso son la necesidad de una elevada humedad y presencia de heridas o entradas naturales. Se puede favorecer la entrada del agente de control biológico (ACB) mediante la siega previa a su aplicación. Ciertos surfactantes como Silwet L-77 (0.02%) facilitan su entrada a través de los estomas⁵ y al mismo tiempo, las bacterias quedan protegidas de los efectos de la radiación ultravioleta y la desecación.

⁵ En botánica, se denominan estomas a los pequeños orificios o poros de las plantas localizados en la superficie de sus hojas.

Cuadro 1. Lista de algunos microorganismos para el control de plagas.

Agente de control biológico (ACB)	Tipo de ACB	Hospedero	Productos comerciales
<i>Bacillus popilliae</i>	Bacteria	<i>Popilla japonica</i>	Doom, Japidemic (Fairfax Biological Labs)
<i>Bacillus thuringiensis</i> variante <i>aizawai</i>	Bacteria	<i>Galleria melonella</i>	AgroTurin (Agrobiológica), B 401(Sandoz), Agree (Certis), Design (Abbott), Mattech (Mycogen)
<i>Bacillus thuringiensis</i> variante <i>israelensis</i>	Bacteria	Larvas de dípteros (mosquitos mosca negra)	Vectobac, Gnatrol (Abbott), Skeetal (Novo Nordisk), Teknar (Certis)
<i>Bacillus thuringiensis</i> variante <i>Kurstaki</i>	Bacteria	Larvas de lepidópteros (mariposas, polillas y orugas)	AgroTurin, Dipel, Biobit (Abbott), Foray (Novo Nordisk), Javeline, Deliver (Certis)
<i>Bacillus thuringiensis</i> variante <i>xentari</i>	Bacteria	Larvas de lepidópteros	Xentari GD (Bayer)
<i>Bacillus thuringiensis</i> variante San Diego	Bacteria	Larvas de coleópteros (escarabajos)	M-One (Mycogen)
<i>Bacillus thuringiensis</i> variante <i>tenebrionis</i>	Bacteria	Larvas de coleópteros (escarabajos)	Novodor (Novo Nordisk), M-Trak (Mycogen)
<i>Bacillus cereus</i>	Bacteria		
<i>Bacillus larvae</i>	Bacteria		
<i>Bacillus alvei</i>	Bacteria		
<i>Bacillus popilliae</i>	Bacteria		

<i>Bacillus lentimorbus</i>	Bacteria		
<i>Bacillus sphaericus</i>	Bacteria		
<i>Clostridium breviparsiens</i>	Bacteria		
<i>Clostridium malocosomae</i>	Bacteria		
EG 2348	Bacteria	<i>Lymantria dispar</i>	Condor (Ecogen)
EG 2371	Bacteria	Larvas de lepidópteros	Cutlass (Ecogen)
EG 2424	Bacteria	Larvas de lepidópteros y coleópteros	Foil (Ecogen)
<i>Photorhabdus luminescens</i>	Bacteria		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacteria		
<i>Pseudomonas</i> spp.	Bacteria		
<i>P. fluorescens</i> + <i>Bt</i> <i>Kurstaki</i> toxin	Bacteria	Lepidópteros (orugas)	MVP (Mycogen)
<i>P. fluorescens</i> + <i>Bt</i> San Diego toxin	Bacteria	Escarabajo de la patata (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)	M-Trak (Mycogen)
<i>P. fluorescens</i> + <i>Bt</i> toxin	Bacteria	Piral del maíz (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	M-Peril (Mycogen)
<i>Serratia marcescens</i>	Bacteria		
<i>Streptococcus pluton</i>	Bacteria		

<i>Streptococcus faecalis</i>	Bacteria		
<i>Xenorhabdus nematophilus</i>	Bacteria		
	Bacteria		
<i>Nosema locustae</i>	Protozoo	Saltamontes, langostas	Nolo Bait (Evans BioControl)
<i>Aschersonia</i>			
<i>Beauveria bassiana</i>	Hongo	Mosca blanca	AgroBea (Agrobiológica), Naturalis (Agrichem), Botanigard y Mycotrol (Mycotech)
<i>Coelomomyces</i>	Hongo		
<i>Conidiobolus</i>	Hongo		
<i>Cordyceps</i>	Hongo		
<i>Entomophthora</i>	Hongo		
<i>Erynia</i>	Hongo		
<i>Hirsutiella</i>	Hongo		
<i>Hypocrella</i>	Hongo		
<i>Lagenidium giganteum</i>	Hongo	Mosquitos	Laginex (AgroQuest)
<i>Metarrhizium anisopliae</i> y <i>M. flavoviride</i>	Hongo	Cucarachas	AgroMeta (Agrobiológica), BioBlast (EcoScience), Bay Bio (Bayer)
<i>Metchnikowia</i>	Hongo		
<i>Nectria</i>	Hongo		
<i>Neozygites</i>	Hongo		
<i>Nomuraea</i>	Hongo		
<i>Paecilomyces fumosoreus</i>	Hongo	Mosca blanca (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)	AgroPae (Agrobiológica), PreFeRal (Biobest)
<i>Septobasidium</i>	Hongo		

<i>Uredinella</i>	Hongo		
<i>Verticillium lecanii</i>	Hongo	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	AgroVerti (Agrobiológica), Mycotal (Koppert)
<i>Paecylomyces lilacinus</i>	Hongo	Nematodos	AgroLila (Agrobiológica)
<i>Saccharopolyspora spinosa</i>	Estreptomyceto		
Virus de la granulosis	Virus	<i>Byctiscus betulae</i> y <i>Cydia pomonella</i>	Carpovirusina (Calliver), Madex-3 (Agrichem), Capex (Andermatt)
Pine sawfly nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Diprion similis</i>	Virox (Novo Nordisk), Noecheck (USDA Forest Service)
Heliothis nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Helioicoverpa zea</i>	Elcar (Sandoz), Condor (Ecogen)
Gypsi moth nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Lymantria dispar</i>	Gypcheck (USDA Forest Service)
Tussock moth nuclear polyhedrosis virus	Virus	<i>Orgyia pseudotsugata</i>	Tm BioControl-1 (USDA Forest Service)
<i>Mamestra brassicae</i> nuclear polyhedrosis	Virus	<i>Trichoplusia, Heliothis, Diparopsis, Phthorimaea</i>	Mamestrin (Calliop)
<i>Spodoptera exigua</i>	Virus	<i>Spodoptera exigua</i>	Spod-X (Crop Genetics International)
<i>Steinernema riobravris</i>	Nematodo (gusano redondo)	Gorgojos de las raíces	
	Nematodo		
<i>H. megidis</i>	Nematodo	Gorgojos de las raíces	

Continuación del Cuadro 1.

<i>Steinernema feltiae</i>	Nematodo	Dípteros (Sciaridae), Dípteros (Fungivoridae y Sciaridae)
<i>Steinernema carpocapsae</i>	Nematodo	<i>Chrysoteuchia topiaria</i> , Taladradores, gorgojos, Gusanos cortadores, grillos, <i>Platyptilia carduidactyla</i>
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Nematodo	Gorgojos de las raíces, escarabajos, taladradores
<i>H. bacteriophora</i> y <i>S. carpocapsa</i>	Nematodo	Gorgojos de las raíces
<i>Rhabditis insectivora</i>	Nematodo	
<i>Tetradonema plicans</i>	Nematodo	
<i>Romanomermis culicivorax</i>	Nematodo	
<i>Eudiplogaster aphodii</i>	Nematodo	
<i>Deladenus siricidicola</i>	Nematodo	
<i>Sphaerularia bombi</i>	Nematodo	
<i>Parasitaphelenchus</i> sp.	Nematodo	

Cuadro 2. Lista de algunos microorganismos para el control de enfermedades.

Agente de control biológico (ACB)	Tipo de ACB	Patógeno	Productos comerciales
<i>Pseudomonas cepacia</i> (Burkholderia)	Bacteria	Hongos (<i>Fusarium</i> , <i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i>), nematodos	Blue Circle (Stine Seeds), Deny (CTT Corp.), Intercept (Encore Technologies)
<i>P. fluorescens</i>	Bacteria	<i>Damping offy Pseudomonas tolassii</i> (Conquer, Victus)	Conquer (Mauri Foods), Victus (Sylvan Spawn),
<i>P. syringae</i> ESC-10, ESC-11	Bacteria	<i>Botrytis</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Mucor</i> y <i>Geotrichum</i>	Bio-save 100 y 1000, Bio-save 110 (Eco-Science)
<i>P. chlororaphis</i>	Bacteria	<i>Fusarium</i> , entre otros	Cedomon (BioAgri)
<i>P. aureofaciens</i> cepa Tx-1	Bacteria	Antracnosis, <i>Phyium</i> , <i>Microchium</i>	Spot-Less (Eco Soil Systems, Inc.)
<i>Bacillus subtilis</i>	Bacteria	<i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Verticillium</i> y <i>Streptomyces</i>	AgroBacilo (Agrobiológica), BaciFol (Agrobiológica), HiStick N/T (MicroBio Group), Serenade (AgraQuest, Inc.), Rhizo Plus, Rhizoplus Konz (KFZB Biotechnik) y Kodiak (Gustafson)
<i>Streptomyces griseoviridis</i> K61	Bacteria	<i>Fusarium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Phyium</i>	Mycostop (Kemira Agro Oy)
<i>S. lydicus</i>	Bacteria	<i>Fusarium</i> , <i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i>	San Jacinto Environmental Suppliers
<i>Trichoderma polysporum</i> + <i>T. harzianum</i>	Hongo	<i>Gaeumannomyces graminis</i> , podredumbres del cuello	BINAB T (BINAB USA, Inc.)
<i>T. harzianum</i> cepa KRL-AG2	Hongo	<i>Phyium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Sclerotinia</i>	T-22G y T-22HB (Bioworks)
<i>T. harzianum</i>	Hongo	<i>Botrytis</i> , <i>Collectotrichum</i> , <i>Fulvia</i> , <i>Monilia</i> y otros	AgroDerma (Agrobiológica), F-Stop (Eastman Kodak), Supresivit (Borregaard Bio Plant)
<i>T. harzianum</i> + <i>T. viride</i>	Hongo	<i>Armillaria</i> , <i>Botryosphaeria</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Nectria</i> y más	Trichomic (Trichodex), Trichopel, Trichobject, Trichodowels y Trichoseal

Continuación del Cuadro 2.

<i>T. viride</i>	Hongo	EcoSOM (SOM <i>Phytopharm</i>), Trieco (Ecosense Labs)	
<i>T. ligonorum</i>	Hongo	<i>Fusarium</i> sp.	Trichodermin-3 (compañía rusa y búlgara)
<i>T. spp</i>	Hongo	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Phyrium</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Fusarium</i> .	Promot (J. H. Biotech, Inc.), Trichopel (Agrimm Biologicals)
<i>Ampelomyces quisqualis</i> aislado M-10	Hongo	<i>Oidium</i>	AQ10 Biofungicide (Ecogen)
<i>Talaromyces flavus</i> V11.7b	Hongo	<i>Verticillium dahliae</i> , <i>V. albo-atrum</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Protus WG (Prophyta)
<i>Gladiolium virens</i> GL-21	Hongo	<i>Damping-off</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pythium</i> spp.	SoilGard = Gliogard (Thermo Triology)
<i>G. catenulatum</i>	Hongo	<i>Phyrium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Didymella</i>	Primastop (Kemira Agro Oy)
<i>Fusarium oxysporium</i> (no patogénico)	Hongo	<i>Fusarium oxysporium</i> , <i>Fusarium</i> <i>moniliforme</i>	Biofox C (SIAPA-Italia), Fusaclean (Natural Plant Protection)
<i>Pythium oligandrum</i>	Hongo	<i>Pythium ultimum</i>	Polygandron (Biopreparaty Ltd.)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	Hongo	<i>Heterobasidium annosum</i>	Rotstop, P.g. Suspensión (Kemira Agro Oy)
<i>Coniothyrium minitans</i>	Hongo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Coniothyriin (Compañía rusa), Contans (Encore Technologies), KONI (Bioved)
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Hongo	<i>Meloidogyne</i> spp.	AgroLila (Agrobiológica)
Micorriza	Hongos	<i>Botrytis</i> , <i>Pythium</i>	Vaminoc (AGC Microbiol)
<i>Candida oleophila</i> I-182	Levadura	<i>Postosecha Botrytis</i> spp., <i>Penicillium</i>	Aspire (Ecogen)

HONGOS

La temperatura y la humedad son las principales limitaciones para su eficacia. Varios adyuvantes mejoran la germinación de las esporas, como es el caso del aceite de maíz sin refinar, que mejora la actividad de *Colletotrichum truncatum* (Schwein) Andrus y Morre, y reduce los requerimientos de humedad necesarios para su germinación. Surfactantes como Tween 20 permiten a las plantas reducir la tensión superficial y mejoran la dispersión de las esporas en las gotas. Hay que tener en cuenta la posible acción inhibitoria y estimuladora del surfactante en la germinación de las esporas, infección y desarrollo.

Biobactericidas

Hasta el momento solamente existen productos basados en bacterias y fagos (bacteriófagos: virus que comen bacterias) como agentes de biocontrol para el manejo de enfermedades bacterianas:

BACTERIAS

Agrobacterium radiobacter (Beijerinck y van Delden) Conn cepa K86 empezó a comercializarse en 1973 para el control del tumor de cuello causado por *Agrobacterium tumefaciens* (Smith y Townsend) Conn. Su control se debía a la presencia de agrocina 84 y 434.

La producción de agrocina 84 es codificada por un plásmido⁶ (pAgK84) que también contiene genes que codifican para la resistencia a la agrocina 84 y a la transferencia por conjugación (Tra).

Con el fin de prever la conjugación y transferencia del gen que de la resistencia a agrocina al patógeno (que produce enfermedad), transformándolo en resistente, la empresa australiana Bio-Care Technology desarrolló en 1991 una cepa genéticamente modificada sin el gen Tra, comercializándose como NOGALL®.

Pseudomonas fluorescens se aplica en forma de spray para combatir *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow en frutales y hortalizas, así como los efectos provocados por heladas.

Natural Plant Protection, en Francia, ha desarrollado una suspensión bactericida a base de un bacteriófago capaz de controlar la pudrición radicular causada por *Pseudomonas tolaasii* Paine, en cultivos de champiñones (*Agaricus* spp.) y *Pleurotus* spp. Esta misma empresa comercializa PSSOL®, formulado para el control de *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi basado en una cepa no-patogénica.

⁶ Los plásmidos son moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico) que se replican y transcriben independientes del ADN cromosómico. Están presentes normalmente en bacterias, y en algunas ocasiones en organismos eucariotas como las levaduras.

BACTERIÓFAGOS (FAGOS)

La mayoría de los antibióticos ya terminaron su vida útil en el campo de la medicina y de la agricultura, debido a que las bacterias han creado resistencia a la mayoría, la cual reside en el ADN (ácido desoxirribonucleico) de los plásmidos.

En los países de la ex-Unión Soviética se tienen grandes avances en el control de enfermedades bacterianas en las plantas y en los animales, mediante el uso de bacteriófagos (fagos); mientras que en occidente (Estados Unidos y Australia) apenas hace cuatro años que se les está empezando a estudiar para controlar enfermedades bacterianas de las plantas, porque son una buena alternativa a los antibióticos.

Los fagos son virus que infectan bacterias. En la agricultura han sido descritos numerosos fagos de bacterias fitopatógenas (microorganismo que causa daño a los vegetales), los cuales pueden ser específicos o polivirulentos. Las observaciones revelan que los fagos de especies de *Xanthomonas* son muy específicos, mientras que los fagos especies de *Pseudomonas* son principalmente polivirulentos.

En Estados Unidos y Australia se está usando un bacteriófago específico para *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*, el cual está registrado comercialmente con el nombre Agriphage (AgriPhi, Inc, UT), y se ha comprobado que es más efectivo que la mezcla cobre-mancozeb. Para aumentar la supervivencia del bacteriófago en la superficie de la hoja, ya que son muy susceptibles a la luz ultravioleta, se recomienda la formulación con leche en polvo descremada y hacer las aspersiones antes de meterse el sol.

Estos virus son fáciles de obtenerse, solo se requiere de un filtro bacteriológico, un cultivo bacteriano (como medio de cultivo para el bacteriófago), y buscar bacteriófagos en plantas infectadas por la bacteria que les sirve de medio de cultivo. Al medio de cultivo bacteriano se le agregan filtrados de lesiones bacterianas maceradas y del suelo que se encuentra debajo de las plantas enfermas.

Bionematicidas

Pocos son los productos bionematicidas⁷ que se comercializan. La mayoría de organismos estudiados son de tipo fúngico aunque también existen algunas bacterias:

BACTERIAS

Ensayos realizados desde hace décadas con *Pasteuria penetrans* Sayre y Starr demuestran su capacidad en controlar nematodos (gusanos redondos), pero la complejidad del cultivo, la dificultad de producir esporas en cantidades elevadas (10 esporas por litro), y la especificidad huésped-bacteria, son las principales limitaciones para su uso a nivel comercial.

En Israel se comercializa BioSafe y BioNem, dos productos basados en la

⁷ Pesticida biológico para eliminar nematodos.

bacteria *Bacillus firmus* Bredemann y Werner, para el control del nematodo agallador *Meloidogyne* sp.

HONGOS

Ciertas especies de hongos, como *Nematophthora gynophila* Kerry y Crump, *Arthrobotrys oligospora* Fresenius, *Paecylomyces lilacinus* (Thom), y *Verticillium chlamydosporium* Goddard, son parásitos de nematodos. Pero no existe su producción a nivel comercial, debido a su lento crecimiento en condiciones *in vitro* (en laboratorio), el poco tiempo de supervivencia del cultivo, sus requerimientos nutricionales y algunas inconsistencias entre los distintos ensayos de campo. DiTera® (laboratorios Abbott) es un nematicida de amplio espectro de origen microbiano producido por la fermentación sumergida de *Myrothecium verrucaria* (Albertini y Scheinitz) Ditmar, sin estar constituido el producto por propágulos⁸ viables.

Insecticidas botánicos

Las plantas han evolucionado por más de 400 millones de años, y para contrarrestar el ataque de los insectos han desarrollado mecanismos de protección, como la repelencia y la acción insecticida.

Después de la Segunda Guerra Mundial se encontraron unas pocas plantas que mostraron resultados auspiciosos, y alcanzaron a usarse masivamente, pero fueron reemplazadas por los insecticidas sintéticos.

En la actualidad, sin lugar a dudas, los fitoinsecticidas constituyen una muy interesante alternativa de control de insectos, además de que solo se han evaluado muy pocas plantas de las 250 mil especies que existen en el planeta, por lo que las perspectivas futuras son aun insospechadas.

Los requerimientos que debe poseer una planta para ser usada como insecticidas o para el control de patógenos son los siguientes:

1. Efectivas contra un espectro grande de plagas.
2. No tóxica para mamíferos, especies acuáticas ni para el ambiente.
3. Fácilmente renovables.
4. Alta concentración de ingredientes activo.
5. Las sustancias deben ser estables al extraerlas y en almacén. El problema de las sustancias botánicas es su inestabilidad.
6. Fáciles de procesar.
7. Las plantas deben ser fáciles de cultivar y adaptables a diferentes ambientes.
8. No deben de competir con plantas usadas como alimentos.

Con la finalidad de obtener el máximo provecho de una planta con propiedades insecticidas, sin que ello implique un deterioro al ecosistema, se han enlistado las características que debe tener la planta insecticida ideal:

⁸ Los propágulos son una modalidad de reproducción asexual en vegetales, por la que se obtienen nuevas plantas y órganos individualizados.

Cuadro 3. Lista de algunas plantas comunes con propiedades químicas para el control de plagas y enfermedades con diferentes efectos.

Planta	Nombre común	Familia	Efecto
<i>Gliricidia</i>	Madreado	Leguminosae	Rodenticida, insecticida y abono
<i>Lonchocarpus</i> sp.	Barbasco	Leguminosae	Insecticida
<i>Physostigma venenosum</i>	Haba del calabar		Insecticida
<i>Capsicum frutescens</i>	Chile picante	Solanaceae	Irritante
<i>Lycopersicon lycopersicum</i>	Tomate silvestre	Solanaceae	Insecticida, atrayente
<i>Nicandra physalodes</i>	Tomatillo	Solanaceae	Insecticida
<i>Nicotiana glauca</i>	Anabacina	Solanaceae	Insecticida
<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabaco	Solanaceae	Insecticida
<i>Artemisia ludoviciana</i>	Ajenjo	Compositae	Insecticida
<i>Chrysanthemum</i>			
<i>Cinerariaefolium</i>	Narciso y piretro	Compositae	Insecticida
<i>Allium sativum</i>	Ajo	Liliaceae	Repelente
<i>Schoenocaulon officinale</i>	Sabadilla	Liliaceae	Insecticida
<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Meliaceae	Insecticida
<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	Meliaceae	Insecticida
<i>Microsechium helliri</i>	Chichicamol	Cucurbitaceae	Insecticida
<i>Haplophyton cimidum</i>	Hiedra de cucaracha	Apocynaceae	Insecticida
<i>Ricinus communis</i>	Higuierilla	Euphorbiaceae	Insecticida
<i>Nerium oleander</i>	Narciso	Apocynaceae	Insecticida
<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Bixaceae	Repelente
<i>Cinchona calisaya</i>	Quina	Rubiaceae	Insecticida
<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	Anacardiaceae	Insecticida
<i>Jatropha cinerea</i>	Lomboy	Euphorbiaceae	Fungicida y bactericida
<i>Tagetes patula</i> y <i>T. erecta</i>	Caléndula francesa y africana	Compositae	Nematicida
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Tepesquehuite	Leguminosae	Fungicida y bactericida
<i>Cinnamom</i>	Canela		Acaricida
<i>Capsicum frutescens</i>	Chile picante	Solanaceae	Insecticida
<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabaco	Solanaceae	Insecticida

1. Repelente: corre o ahuyenta a las plagas.
2. Atrayente: atrae a las plagas o a enemigos naturales de las plagas y pueden usarse como cultivo trampa o cebo.
3. Insecticida: puede matar directamente a la plaga (efecto neurotóxico).
4. Fungicida: puede controlar algunos hongos o hielos.
5. Herbicida: puede quemar plantas.
6. Rodenticida: mata ratas y ratones.
7. Esterilidad: los huevos de las plagas no nacen.
8. Afecta el desarrollo: perturba metamorfosis o periodos juveniles de las plagas.
9. Antialimentario: quitan apetito o reducen capacidad de alimentación.
10. Abono foliar: como abono aplicado a las hojas.
11. Nematicida: controlan nematodos.

FERTILIZANTES ALTERNATIVOS

Un biofertilizante es un organismo vivo o sus productos que se agregan a las semillas o al suelo para mejorar las características de nutrición para los cultivos. Hay una gran variedad, pero principalmente están los inoculantes (bacterias vivas como *Azospirillum* o *Rhizobium*, hongos como las micorrizas o levaduras, etc.) que proporcionan el elemento indispensable para el crecimiento de las plantas, que es el nitrógeno, así como fósforo y hormonas de crecimiento; además, están los residuos como el guano, la gallinaza, el humus de composta y vermicompostas, los extractos de algas, etc. En las condiciones más adecuadas, los biofertilizantes pueden suplir los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio, además de los microelementos esenciales.

Fertilizantes microbiológicos

SISTEMA *RHIZOBIUM*-LEGUMINOSA

La utilización de leguminosas para la regeneración de zonas áridas, semiáridas y suelos abandonados es de sumo interés, por su facultad de mejorar las características físicoquímicas del suelo y además fijar nitrógeno.

Se estima que aproximadamente 100 leguminosas agrícolamente importantes contribuyen anualmente con casi la mitad del total del nitrógeno fijado biológicamente. Las bacterias del suelo que entran en simbiosis con las raíces de las leguminosas son bacterias Gram negativas⁹, del género *Rhizobium*.

Hoy día se conocen cuatro géneros de bacterias que viven en simbiosis con las plantas: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium* y *Synorhizobium*. Aunque existe cierta especificidad entre la bacteria y la planta a la que infecta, sin embargo hay algunas bacterias que nodulan en varias leguminosas y algunas plantas noduladas por diferentes bacterias. El

⁹ En microbiología, se denominan bacterias Gram negativas a aquellas bacterias que no se tiñen de azul oscuro o violeta por la tinción de Gram, y lo hacen de un color rosado tenue: de ahí el nombre de Gram negativas o también gramnegativas.

nódulo fija nitrógeno atmosférico mediante la enzima nitrogenasa situada en los bacteroides. El N_2 (nitrógeno) es transformado en NH_3 (amoníaco) por la enzima que posteriormente pasará a ureidos o amidas según el tipo de planta y será transportado por los vasos conductores a la parte aérea.

BACTERIAS EPIFÍTICAS

Estas son las bacterias que colonizan la superficie de las raíces donde aprovechan azúcares y otros compuestos exudados por la planta, para fijar ciertas cantidades de nitrógeno que eventualmente son asimiladas por las plantas.

Estas bacterias se denominan *epifíticas*, viven asociadas a las raíces y se han aislado de gramíneas tropicales, de regiones subtropicales y zonas templadas, incluyendo cereales.

El género *Azospirillum* fue uno de los primeros que se aisló en Brasil. Actualmente existe el inóculo comercial con el nombre de Serealin. Su acción beneficiosa sobre el crecimiento se debe a su capacidad de producción de fitohormonas (hormonas vegetales) y estimulación del crecimiento radicular. La coinoculación de *Azospirillum* con *Rhizobium* ha dado un efecto positivo sobre el crecimiento de leguminosas, aumentando la nodulación y la fijación de nitrógeno.

BACTERIAS ENDOFÍTICAS

Estas bacterias penetran y viven en el interior de gramíneas, al contrario de las anteriores. Las bacterias endofíticas permanecen en las raíces después de su esterilización superficial. En general, estas bacterias colonizan espacios intercelulares pero no penetran en las células, por lo que no puede hablarse de simbiosis. Entre ellas están el *Acetobacter* y *Herbaspirillum*, que son endófitas (que atacan plantas) de la caña de azúcar y contribuyen a la nutrición nitrogenada de la caña. *A. diazotrophicus* vive en los espacios de las plantas transgénicas, lo que indica la presencia de factores de nodulación en estas plantas.

HONGOS MICORRÍZICOS

La mayoría de las plantas presentan micorrizadas¹⁰ sus raíces. Los hongos micorrízicos hacen disponibles para las plantas los nutrientes del suelo y las protegen contra efectos ambientales adversos, bióticos y abióticos (con y sin vida, respectivamente). Las ectomicorrizas tienen un gran valor en el ámbito forestal.

En los sistemas agrícolas la mayoría de las plantas forman micorrizas arbusculares (AM). Pertenecen a este tipo los hongos del orden Glomales. El hongo penetra en las células internas del cilindro cortical de las raíces, donde se diferencia en estructuras ramificadas conocidas como arbusculos,

10 La palabra micorriza define la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta.

manteniendo una estructura micelar¹¹ en el exterior de la planta. De esta forma, existe una conexión continua entre el suelo y el interior de la planta, para facilitar la toma de agua y nutrientes poco disponibles por su baja solubilidad, principalmente fósforo y algunos micronutrientes (cobre, zinc, entre otros). La dificultad estriba en que ninguna de las cerca de 150, especies sistematizadas del orden Glomales, ha podido ser cultivada axenicamente¹², por lo que no ha sido posible la preparación de inoculantes comerciales.

A esto hay que añadir que se trata de simbioses obligados, por lo que su aplicación tiene limitaciones. Para la obtención de inóculo, dado que los hongos micorrízicos no pueden multiplicarse en el laboratorio como las bacterias endosimbióticas, es necesario utilizar una planta hospedadora. La mezcla de suelo, de propágulos del hongo, esporas y micelio, unida a las raíces de la planta hospedadora, se utiliza como inóculo. Con este tipo de inóculos se han micorrizado con éxito plantas de cítricos, aguacates y olivos.

También es muy recomendable utilizar conjuntamente micorrizas y microorganismos protectores contra patógenos, como especies de *Pseudomonas* fluorescentes, *Bacillus* spp., etc., como agentes de biocontrol y estimuladores del crecimiento vegetal.

Biofertilizantes orgánicos

El biofertilizante orgánico presenta una concentración de nutrientes relativamente alta, y a pesar de esta característica, puede ser aplicado directamente a los cultivos. Se pueden utilizar también como aditivos en la preparación de soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos.

Las ventajas de la utilización del biofertilizante orgánico son considerables, no solo por su bajo costo, sino por los excelentes resultados que se obtienen en la producción agrícola de todo tipo de cultivos:

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes NPK¹³, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y

11 Micelio: es la masa de hifas (elementos filamentosos cilíndricos) que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.

12 Un cultivo axénico consiste en una sola especie microbiana, proveniente de una sola célula. Son muy extraños en la naturaleza. Un cultivo axénico se obtiene artificialmente en un laboratorio.

13 NPK: nitrógeno, fósforo y potasio.

alimento de los microorganismos, ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

La lista de materiales orgánicos que pueden compostarse¹⁴ es grande. Hay productos de desechos industriales y comerciales, a los cuales se puede tener acceso en abundancia. La siguiente es una lista parcial: mazorcas de maíz, desperdicios de algodón, desechos de restaurantes o materiales vegetales del mercado, desperdicios de vid, aserrín, pelo, cáscaras de cacahuate, papel y cartón, polvo de roca, aserrín, plumas, harina de semilla de algodón, harina de sangre, harina de hueso, desperdicios de cítricos, café, alfalfa y conchas marinas molidas.

ELABORACIÓN PRODUCTOS MICROBIOLÓGICOS

Bacterias

A nivel comercial, las bacterias se multiplican generalmente en un tanque de fermentación líquida. El agente de control biológico puede ser formulado en estado de dormancia¹⁵ o ser metabólicamente activo. Las formulaciones que contienen células activas son menos tolerantes a fluctuaciones ambientales, menos compatibles con productos químicos, de vida más corta, y requieren un empaquetamiento que permita el intercambio de gases y humedad. Sus ventajas son que al estar activas, empiezan actuar en el momento de su aplicación.

HONGOS

En general se emplean cuatro formas de producción para hongos entomopatógenos y antagonistas:

- Cultivos sobre soportes sólidos en bandejas, frascos o bolsas.
- Cultivos líquidos agitados en zaranda (fermentación sumergida).
- Cultivos líquidos en condiciones estáticas (frascos).
- Cultivos bifásicos, donde se realiza el inóculo en forma líquida, agitado o estático, y posteriormente se pasa al soporte sólido.

¹⁴ Composta es la mezcla de materiales orgánicos, de tal manera que fomenten su degradación y descomposición.

¹⁵ Dormancia: periodo en el ciclo biológico de un organismo en el que el crecimiento, desarrollo y -en los animales- la actividad física se suspende temporalmente.

Cuadro 4. Características de los fertilizantes orgánicos y químicos.

FERTILIZANTES	
Orgánicos	Químicos
Incrementa con el tiempo. Aporta varios elementos benéficos y necesarios para el desarrollo de microorganismos, mejorando el humus y el rendimiento.	Disminuye con el tiempo. La pérdida de humus, debido al aumento de acidez y salinidad, impacta negativamente la producción de la planta.
PRECIO	
Estable, ya que la materia prima utilizada proviene de fuentes renovables.	Depende de combustibles fósiles (nitrógeno) y minería (fósforo, potasio). Esto conlleva a un precio inflacionario en la medida que la oferta de estas fuentes no renovables disminuye.
SALUD Y FORTALEZA	
Mejora el ecosistema del suelo, desarrollando plantas más resistentes y saludables. Al enriquecer el humus, aumenta la calidad y salud de las frutas.	Eliminan el ecosistema natural del suelo, desarrollando plantas más vulnerables a plagas y enfermedades. La salud y calidad de la fruta pueden verse afectadas. Por ejemplo, al utilizar fertilizantes químicos con alto contenido de nitrógeno, los árboles de limón producen frutos con menos cantidad de vitamina C.
NUTRIENTES	
Adicionalmente del aporte de N-P-K, también proporcionan minerales, vitaminas, hormonas, y aminoácidos que enriquecen el suelo y su microecosistema. Sus altos niveles de mineralización facilitan la absorción de elementos hacia la planta, que de otra manera serían inasequibles.	Escasos en nutrientes diferentes a N-P-K, disminuyendo la biodiversidad del suelo. Pocos grados de mineralización. No ayudan a la planta a descomponer los elementos nutritivos presentes en la materia orgánica, dificultando su acceso y absorción.
RIESGO DE APLICACIÓN	
No hay riesgo de una sobreaplicación. Al estar compuesto de materiales orgánicos y fermentados anaeróbicamente, los biofertilizantes no tienen ningún efecto tóxico.	Toxico en altas dosis. Cuando la presencia de nitrógeno es excesiva, la acidez y salinidad del suelo aumentan, eliminando el humus y suavizando los tejidos de la planta, provocando que esta sea menos resistente y saludable.

Continuación del Cuadro 4.

DESPERDICIO	
La planta absorbe 100% los nutrientes. Los elementos que no sean asimilados inmediatamente, son almacenados en la tierra hasta que la planta los necesite. No existe desperdicio de producto.	Altos niveles de desperdicio del producto. Antes que la planta tenga tiempo de absorberlos, sus componentes se evaporan y escapan rápidamente. Por ejemplo, la urea puede perder hasta 80% de su contenido de nitrógeno después de la aplicación.
FRECUENCIA DE APLICACIONES	
El número de aplicaciones disminuye con el tiempo mientras que la fertilidad del suelo mejora.	La fertilidad del suelo disminuye con el aumento de aplicaciones. La tierra se vuelve dependiente a los químicos, incrementando los daños al suelo y los costos de fertilización.
ECOSISTEMA DEL SUELO	
Nuestros fertilizantes orgánicos, con pH (acidez) cerca de 7, son reguladores de la acidez del suelo. Ayudan al desarrollo de microorganismos y mejoran el ecosistema del suelo. Favorece el desarrollo de micorrizas y rizobios. Mejora la estructura de la tierra y la hace más resistente a las condiciones negativas. Al favorecer el desarrollo de microorganismos, ayudan al establecimiento del humus afectado por el uso constante de productos químicos.	Los altos niveles de acidez y salinidad en el suelo causan desequilibrio y matan los microorganismos que viven en él. Con el tiempo el ecosistema natural (fuente de nutrientes) desaparece y es reemplazado por los productos químicos. Reduce la colonización de las raíces con micorrizas (responsables de absorber fósforo, zinc, y otros micronutrientes), y <i>Rhizobium</i> (responsable de fijar nitrógeno atmosférico), previniendo la asimilación natural de estos elementos. La tierra es menos resistente a las sequías, altas temperaturas, toxinas, altos niveles de pH, y protecciones contra patógenos de la raíz. El uso excesivo puede destruir la composición del suelo, impidiendo que los microorganismos sean capaces de regenerarse naturalmente.
CONTAMINACIÓN	
Los componentes orgánicos no se evaporan y al disolverse no producen efectos contaminantes. Los biofertilizantes son producidos a través de energías limpias y renovables.	Al evaporarse y disolverse contaminan la atmósfera, suelo y agua. Su producción demanda gran consumo de energía. Proviene de fuentes no renovables y energías contaminantes.

Cuadro 5. Valor nutritivo de algunos materiales fertilizantes.

Material orgánico	N	Fósforo	Potasio
Guano de murciélago	10	4	2
Sangre seca	13	2	1
Harina de hueso crudo	3	22	--
Harina de hueso al vapor	1	15	--
Harina de higuerrilla (<i>Ricinus communis</i>)	5.5	2	1
Harina de cáscara de cacao	2.5	1	2.5
Composta	1.5-3.5	0.5-1	1-2
Harina de semilla de algodón	6	3	1.5
Harina de pescado (seco)	10	6	--
Desechos de peces (seco)	3.5-12	1-12	0.08-1.6
Basura de tanque (seca)	2.5	2	1
Emulsión de pescado	4	1-4	1
Harina de granito*	0	0	3-5
Arena verde*	0	1.35	4-9.5
Kainita*	0	0	12
Kelpo (alga marina)	0.9	0.5	4-13
Estiércol de ganado lechero	0.6-2.1	0.7-1.1	2.4-3.6
Estiércol de pato	0.6	1.4	0.5
Estiércol de caballo	1.7-3	0.7-1.2	1.2-2.2
Estiércol de pollería	2-4.5	4.5-6	2.1-2.4
Estiércol de conejo	2.4	1.4	0.6
Estiércol de oveja	3-4	1.2-1.6	3-4
Estiércol de cerdo	3-4	0.4-0.6	0.5-1
Harina de cacahuate	7	1.5	1.2
Roca fosfórica*	0	20-32	0
Sólidos de aguas negras	1.5	1.3	0.4
Sólidos de agua negras, activados	6	3	0.2
Harina de soya	7	1.2	1.5
Harina de alfalfa	7	1.2	1.5
Tankage	7	10	1.5
Cenizas de madera		2	6

*Estos materiales son depósitos minerales naturales y no materiales orgánicos, pero se usan normalmente como fertilizantes orgánicos.

En el caso de los hongos, las etapas más difíciles son las de recobrado y formulación, ya que resulta necesario que en estas fases se alcance un bioproducto con un porcentaje de humedad relativa inferior a 10, y para esto no pueden emplearse condiciones de secado que impliquen temperaturas elevadas que puedan afectar la viabilidad de los conidios¹⁶ o

¹⁶ Los conidios son esporas asexuales no móviles, que se forman (exógenamente) en el ápice o en el lado de una célula esporógena (tejido que produce esporas). Se desprenden de las células terminales o laterales de hifas especializadas denominadas conidióforos.

la estabilidad de algunos metabolitos¹⁷ sensibles.

En general, las formulaciones fúngicas, aun aquellas en las que se logran bajos porcentajes de humedad necesitan ser conservadas en frío. Temperaturas superiores a 10 grados centígrados (°C) no garantizan la estabilidad de estos productos por más de tres meses, lo cual es sin duda uno de los mayores inconvenientes para su producción a escala industrial. En la actualidad se encuentran en desarrollo tecnologías para la reproducción masiva de hongos entomopatógenos y antagonistas, mediante fermentación sumergida en fermentadores de grandes volúmenes; en todos los casos es la etapa de recobrado y formulación la que aún no ha sido resuelta eficientemente.

Estos productos se aplican directamente sobre el insecto en forma de polvo, emulsión o polvo humectable. En condiciones de campo, pueden aplicarse mezclados con aceites a volúmenes ultrabajos, con el fin de incrementar su eficacia y proteger al agente de control biológico de la radiación solar.

BACTERIÓFAGOS (FAGOS)

Los bacteriófagos (fagos) son agentes de control biológico eficaces para el manejo de varias enfermedades causadas por diferentes especies de bacterias, siendo *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*, *Pseudomonas solanacearum* y *Corynebacterium flaccumfaciens* ejemplos exitosos.

En la actualidad, los fagos adquieren mayor importancia como alternativa a los antibióticos, debido a que la vida útil de estos ya terminó, por efecto de la resistencia inducida. Los fagos son virus que infectan bacterias, previamente han sido descritos numerosos bacteriófagos de bacterias fitopatógenas. Los fagos para bacterias fitopatógenas pueden ser específicos o polivirulentos.

El proceso de reproducción del fago consiste en tres fases:

1. El fago se adhiere a la pared de la célula bacteriana por medio de los apéndices que salen de la cola e inyecta su ADN.
2. Veinte minutos después se completa la síntesis de alrededor de 400 a 5 mil partículas virales (nuevos fagos) dentro de la célula bacteriana.
3. La célula bacteriana se rompe y libera los fagos recientemente formados.

En la elaboración masiva de bacteriófagos, el medio de cultivo son las bacterias a las cuales puede infectar, ya que los fagos son altamente específicos. Los pasos son los siguientes:

1. Aislamiento en cultivo puro del fago, del suelo o de tejido vegetal enfermo por bacterias.
2. Multiplicación masiva, en medio líquido, de las bacterias fitopatógenas presentes en el tejido vegetal enfermo.

17 Un metabolito es cualquier molécula utilizada o producida durante el metabolismo.

3. Inoculación del fago en el caldo bacteriano.

4. La síntesis de los fagos se ha llevado a cabo cuando el caldo bacteriano se vuelve claro, lo cual indica que las partículas de fago han sido liberadas por lisis¹⁸ de las bacterias. Estos fagos están listos para formularse y llevarse al campo para su aplicación.

OTRAS PROPUESTAS

Feromonas

Un desarrollo importante en los bioderivados son las feromonas, estas son producidas por insectos y poseen múltiples funciones biológicas, entre las que destaca su papel como atrayentes para el apareamiento. En el control de plagas las feromonas se usan para atraer insectos y alejarlos de los cultivos; en fechas recientes, las trampas con feromonas se han empleado para controlar moscas de la fruta, entre otras plagas.

Cultivo de tejidos y células

El cultivo de tejidos facilita la producción de materiales de siembra no infectados que evitan la difusión de enfermedades. El cultivo de células y tejidos vegetales es una tecnología para reproducir prácticamente cualquier especie vegetal.

Se conoce como cultivo de células vegetales a una serie de técnicas encaminadas a conseguir la reproducción de células, tejidos u órganos de una planta, bajo condiciones controladas y asépticas.

Mediante el empleo de estas técnicas se puede reproducir una gran cantidad de plantas completas, en poco tiempo y espacio, a partir de pequeñas porciones de una sola planta.

El cultivo celular es una agricultura en pequeños espacios, usando fotobiorreactores que generan energía limpia las 24 horas del día, independientemente de factores climáticos externos.

Este tipo de cultivo también permite la síntesis de nuevos productos naturales, hace posible crear biofábricas para convertir cultivos de escaso valor en productos altamente valorados, y genera nuevos compuestos que normalmente no se producen bajo condiciones naturales.

La producción de cultivos de este tipo podría ayudar a preservar la biodiversidad, pues no sería necesaria más tierra o la destrucción de bosques para la agricultura, se usaría menos agua y se evitaría abusar de la tierra primaria. Podría ser implementado en cualquier lugar del planeta, e incluso en el espacio. Dentro de 20 años este nuevo sistema de producción podría ayudar a alimentar al mundo y darnos oportunidades para sobrevivir en el caso de una catástrofe ambiental.

El ozono

Los ríos o canales en donde se descargan grandes cantidades de aguas negras son factor de contaminación para los productos de las cosechas

18 La lisis celular es la rotura de la membrana celular.

de hortalizas, frutas y verduras con patógenos que causan enfermedades en humanos; además, el agua puede contaminarse con patógenos y sustancias químicas que afectan a las plantas, los cuales son introducidos fácilmente en los terrenos agrícolas, lo que posteriormente puede impedir el desarrollo de los cultivos. El ozono es una variedad alotrópica¹⁹ del oxígeno, por ello el tratamiento del agua con ozono, inyectado por medio de un Venturi, puede repercutir en una asepsia tanto de las plantas en el campo, como de las frutas en el lavado antes de ser empacadas.

La solarización

La práctica del monocultivo en hortalizas es un factor que favorece concentraciones altas de inóculo de patógenos y plagas del suelo, así como también de malezas, orillando al productor a cambiar de terreno o cultivo.

La técnica de solarización consiste en cubrir el suelo húmedo con plástico transparente delgado durante el verano, con la finalidad de incrementar las temperaturas que permitan destruir a la mayoría de los fitopatógenos, insectos y malas hierbas. La radiación solar pasa a través del plástico transparente, se convierte en calor, e induce cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo.

El periodo de tratamiento debe ser mayor de cuatro semanas para ejercer control efectivo en las capas más profundas del suelo.

La profundidad del suelo hasta donde se puede tener control satisfactorio, depende fundamentalmente de la duración del tratamiento, de la intensidad de la radiación solar, y de la conductividad térmica del suelo.

La efectividad de la solarización se debe principalmente al incremento de las temperaturas del suelo a niveles letales para los organismos que ahí viven. La viabilidad de los patógenos y las malas hierbas se reduce en la medida que las temperaturas exceden la máxima para su desarrollo.

Materia orgánica

Los materiales orgánicos, incluyendo residuos de plantas, estiércol, quitinas, etcétera, han sido evaluados contra muchos patógenos. La incorporación de quitina es especialmente efectiva, ya que los agentes de biocontrol son los que producen enzimas que desdoblan la quitina y pueden aumentar sus poblaciones en el suelo. La pared celular de muchos hongos está constituida

¹⁹ Alotropía en química es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras químicas diferentes; como el oxígeno, que puede presentarse como oxígeno atmosférico (O₂) y como ozono (O₃), o con características físicas distintas, como el fósforo, que se presenta como fósforo rojo y fósforo blanco (P₄), o el carbono, que lo hace como grafito, diamante, grafeno y fullereno.

por quitina. *Bacillus*, *Trichoderma* y los actinomicetes²⁰ son capaces de utilizar la quitina como sustrato y por esta razón pueden disminuir las poblaciones de hongos fitopatógenos.

QUITINA

El control de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* se ha llevado a cabo por la adición de quitina al suelo. La quitina incrementa grandemente el número de actinomicetes en el suelo y promueve la degradación de la quitina de la pared celular de muchos hongos incluyendo *Fusarium*, causando perforaciones que favorecen la inactivación de los patógenos.

COMPOSTAS

La supresión de *damping off*²¹ en chícharo, pepino y espinaca, causado por *Sclerotinia minor*, se llevó a cabo por la adición de composta al suelo, la cual incrementó la actividad saprofítica²² de los microorganismos, entre los cuales sobresalió la actividad de *Bacillus*.

Se ha reportado control exitoso de *Phytophthora cinnamomi*, por medio de la manipulación del contenido de materia orgánica de suelos forestales. Cuando los sitios de infección están ocupados por organismos benéficos, los patógenos no pueden competir.

En la composta están presentes los nutrientes que son absorbidos por las plantas y las fuentes de alimento para los microorganismos de la red alimentaria del suelo, los cuales protegen contra las enfermedades del suelo y también alimentan a las plantas.

PAJA DE GRAMÍNEAS

El control de tizón tardío en papa causado por *Phytophthora infestans* se ha llevado a cabo agregando al suelo paja de trigo inoculado con *Trichoderma harzianum*. La pudrición de raíces de *Piper betle* (betel) causada por *Phytophthora parasitica* f. sp. *parasitica* se ha controlado con paja de maíz. Muchos de estos materiales, principalmente los de origen vegetal, son muy ricos en celulosa y esta sustancia es componente de la pared celular de hongos.

²⁰ Las actinobacterias o actinomicetes son un grupo de bacterias Gram positivas. La mayoría de ellas se encuentran en la tierra, e incluyen algunas de las más típicas formas de vida terrestre, jugando un importante rol en la descomposición de materia orgánica, tales como la celulosa y quitina. Estas bacterias renuevan las reservas de nutrientes en la tierra y son fundamentales en la formación de humus. Otras Actinobacterias habitan en las plantas y animales, incluyendo algunos patógenos, tales como las *Mycobacterium*.

²¹ *Damping off*, o marchitamiento fúngico, es el término usado para un número de diferentes fungicidas de debilidad y marchitamiento que puede matar las semillas, y las siembras, antes o después de germinar.

²² Saprofítico: que se alimenta de materia orgánica muerta, como algunos hongos y bacterias.

RESIDUOS DE CRUCÍFERAS

Los residuos de crucíferas son, con mucho, los mejores biofumigantes, ya que forman compuestos volátiles tóxicos para hongos. Los residuos de crucíferas en descomposición, como el repollo, brócoli, coliflor, etc., producen mercaptanos²³, varios sulfuros, isotiocianatos²⁴, amonio, metanol, etanol, acetona, acetaldehído y otros aldehídos, los cuales son tóxicos a muchos hongos.

Es de particular importancia que el metilisotiocianato es el ingrediente activo de metam- sodio, el cual es usado como fumigante comercial. Muchas enfermedades fungosas del suelo han sido controladas con residuos de crucíferas²⁵ en todo el mundo. Si se combinan los residuos de crucíferas con la solarización se obtienen resultados espectaculares en el control de enfermedades del suelo, además de servir como fertilizante, ya que la cubierta de plástico transparente sirve para calentar el suelo y también para atrapar los gases tóxicos que emanan de los residuos de crucíferas en descomposición.

PRÁCTICAS CULTURALES

Muchas prácticas culturales pueden manipularse para minimizar la probabilidad de pérdidas por enfermedades del suelo, como son: la selección del terreno, la preparación del terreno, pH del suelo y del tanque de agua de aplicación de productos biosanitarios, métodos de planteo, la secuencia de cultivos, la selección de variedades, la forma de irrigación, la fertilización, las medidas sanitarias, el volumen de agua para cubrimiento de la superficie de los cultivos, etcétera.

Inicio de temporada

Al inicio de temporada, hacer un plan de trabajo en donde se tomen en cuenta los problemas fitosanitarios de la región, de fertilidad del terreno y de distribución de los cultivos. Seleccionar los cultivares adecuados para resolver los problemas más importantes; hacer un plan de distribución de las diferentes especies cultivadas, procurando distribuir las de tal manera que el viento no sirva como dispersor de enfermedades y plagas a los

23 Tradicionalmente los tioles son denominados mercaptanos. En química orgánica, un tiol es un compuesto que contiene el grupo funcional formado por un átomo de azufre y un átomo de hidrógeno (-SH). Siendo el azufre análogo de un grupo alcohol (-OH), este grupo funcional es llamado grupo tiolo grupo sulfhidrilo.

24 Se conoce como isotiocianato al grupo funcional -N=C=S (N: nitrógeno, C: carbono, S: azufre) formado por la sustitución del azufre por el oxígeno en el grupo isocianato.

25 Las brassicáceas (Brassicaceae) o crucíferas (Cruciferae) son una familia de angiospermas dicotiledóneas que se incluyen en el orden Papaverales, concentradas en áreas templadas y frías. Incluyen cultivos de importancia económica, tanto hortícolas, como ornamentales, oleaginosos, forrajeros y como condimentos. Asimismo, incluyen a una especie que se considera un organismo modelo en investigaciones biológicas: *Arabidopsis thaliana*.

cultivos más jóvenes. Hacer análisis del suelo para conocer su fertilidad, pH y salinidad, lo cual servirá como base para tomar las medidas más adecuadas.

Selección del terreno

El manejo de las plagas es más barato y más fácil en terrenos favorables para el desarrollo del cultivo. Seleccione terrenos con buen drenaje y libres de enfermedades del suelo difíciles de controlar. La textura del terreno debe ser uniforme para evitar problemas de riego y daños o falta de control por herbicidas. Examinar el suelo y el agua para exceso de sales. Investigar qué herbicidas se usaron en la temporada anterior y asegurarse de que los residuos no inhibirán el desarrollo de las plantas. Recordar que las colas de agua de otros cultivos pueden llevar patógenos y residuos de herbicidas dañinos.

Preparación del terreno

Los terrenos bien preparados son más fáciles de regar y cultivar; las plantas se desarrollan mejor debido a que sus raíces pueden penetrar más profundamente por la ausencia de capas duras en el subsuelo. El terreno debe estar bien nivelado para que no se encharque el agua y se eviten enfermedades; que no haya terrones grandes para que los herbicidas reemergentes y los fumigantes sean más efectivos.

pH del suelo

El ajuste ascendente del pH (acidez) del suelo es una estrategia eficaz de manejo para el moho gris por *Botrytis* en los suelos arenosos. Un pH de 6.5-7.4 es recomendado para la supresión de la marchitez por *Fusarium*.

También lo es para el propósito de que las plantas aprovechen mejor los elementos nutricionales y se obtengan mayores rendimientos de cosecha. Se recomienda que los mejoradores de suelo se incorporen en forma total durante la preparación del terreno para que reaccionen en este periodo de preformación de las camas.

El azufre requerido para bajar el pH en terrenos arcillosos, depende del pH original del suelo. En caso de suelos ácidos con pH inferior a 6.5, es conveniente aplicar mejoradores de reacción alcalina, como cal viva (óxido de calcio) o carbonato de calcio. Para una unidad de pH abajo de 6.5, deben adicionarse dos toneladas de carbonato de calcio o tres toneladas de cal viva; multiplicar esas cantidades por tres si el pH del suelo tiene dos unidades abajo, es decir, para llevar el pH del suelo de 4.5 a 6.5, se requiere adicionar seis toneladas de carbonato de calcio o nueve toneladas de óxido de calcio.

Métodos de planteo

En siembras directas y suelos infestados por *Pythium* o *Rhizoctonia* es aconsejable la encapsulación de la semilla en un gel que contenga

biofungicidas apropiados para controlar a estos hongos causantes de *damping off*. Cuando los cultivos se trasplantan le toman ventaja al desarrollo de maleza y se eliminan los problemas de *damping off* de preemergencia.

Secuencia de cultivos

La secuencia de cultivos es fundamental para la supervivencia del inóculo de patógenos del suelo. Para que el inóculo disminuya, es necesario sembrar durante varios años cultivos no susceptibles a las enfermedades del suelo que están presentes en ese terreno.

Selección de variedades

Muchas enfermedades importantes pueden ser controladas o minimizadas por medio del uso de variedades resistentes. Los vendedores de semillas pueden aconsejar sobre variedades resistentes o tolerantes con buenas características agronómicas para una determinada región.

Irrigación

El exceso o falta de agua puede disminuir el rendimiento del cultivo. Las plantas estresadas por falta de agua tienden a quedar bajas y con frutos pequeños. Por el contrario, el exceso de agua priva a las raíces del oxígeno y crea condiciones para el desarrollo de fitopatógenos acuáticos. Se debe regar solamente cuando sea necesario, y no regirse por calendarios; para ello es necesario estar examinando la humedad del suelo por medio de tensiómetros²⁶.

El riego por gravedad favorece la acumulación de sales en la parte alta del surco, requiere más agua con el fin de mojar la semilla para que germine y, por lo tanto, favorece el desarrollo de enfermedades; en estos casos se recomienda sembrar o plantar en un lado del surco para evitar la banda en donde se acumulan las sales.

El riego por aspersión usa menos agua y es bueno para las siembras directas, reduce el daño por sales, incorpora bien los herbicidas, aunque algunas veces puede estimular el desarrollo de malezas y la mayor parte de las enfermedades del follaje, con excepción de las cenicillas, las cuales pueden controlarse ya que no se desarrollan cuando hay alta humedad relativa.

El agua debe aplicarse en cantidades que no provoquen escurrimiento. El riego por goteo es el que más economiza agua y puede aplicarse en terrenos con mucha pendiente y proporciona la forma de aplicar

²⁶ Comúnmente se denomina tensiómetro al equipo actuado mediante fuerza mecánica para ejercer tensión o compresión. Dependiendo de la dirección ejercida, este cuenta con celdas de carga que envían una señal eléctrica y un software de adquisición de datos que convierte esta señal en valores numéricos, los cuales se podrán leer comúnmente en unidades de fuerza tales como Newton (Nw) o Libras (Lb).

fertilizantes y algunos plagicidas. En este caso es aconsejable lavar el bulbo húmedo cada 15 días para lavar el exceso de sales provocados por la fertirrigación. También, es importante oxigenar el agua de riego, lo cual se logra mediante un inyector Venturi colocado a la salida del sistema de riego presurizado.

Fertilización

Cuando el suelo es deficiente en nutrientes, las hortalizas compiten pobremente con las malezas y son menos capaces de sobreponerse a las enfermedades y a los daños por insectos; las deficiencias severas pueden detener completamente el desarrollo. Siempre aplique el programa de fertilización de acuerdo con los niveles de nutrientes del terreno.

Saneamiento

Usar semilla y plántulas sanas, así como estiércol y otros abonos orgánicos, pero esterilizados; no regar con colas de aguas provenientes de otros campos: pueden contener patógenos, plagas y/o herbicidas dañinos para las hortalizas; instalar mallas o filtros para semillas de malezas a la entrada del agua de riego al terreno.

Final de temporada

Al final de la temporada de cultivo, guardar los estacones por lotes, y cuando inicie la próxima temporada regresar los estacones al mismo lote de terreno o estacarlos al revés, con el fin de evitar la dispersión de las enfermedades del suelo, ya que los estacones se contaminan fácilmente durante la temporada.

Cuando se mude a un terreno nuevo, usar cintas de goteo y estacones nuevos; limpiar el equipo de labranza para evitar el acarreo de suelo infestado. Si es posible, año tras año desinfectar los estacones y el alambre de bacterias, virus y hongos; cuando se hagan rotaciones de cultivos, que sean lo suficientemente largas para que se acabe la vida útil de los estacones; dar mantenimiento la cinta de goteo y otros materiales que han de usarse en el terreno nuevo, ya que pueden llevar patógenos.

Sustancias vegetales y minerales en combate de plagas

Cesáreo Rodríguez Hernández*

INTRODUCCIÓN

El combate de plagas en los últimos 73 años se ha realizado principalmente con productos organosintéticos (químicos), que lejos de resolver el problema han provocado el desarrollo de resistencia, la eliminación de enemigos naturales, la intoxicación a los usuarios, la acumulación de residuos en los productos agrícolas, y contaminación al suelo, agua y aire, entre otras perturbaciones ecológicas.

Esta situación ha obligado a recurrir a otros métodos de manejo, incentivando la búsqueda de alternativas. De esta manera se han recuperado diversas técnicas que en principio se han implementado para manejar la resistencia, pero que también se han perfilado como un método alternativo, que es económico, ecológico y natural de manejo de plagas, y que además incentiva a la práctica de una agricultura orgánica.

En este sentido, con estas opciones, se propugna un cambio de paradigma; manejar plagas, no matarlas. De modo que al no utilizar plaguicidas organosintéticos se modifica la idea, el concepto y la visión en el agro; y en consecuencia, con la implementación de estas opciones se produce en forma natural, ecológica y orgánica, acorde a lo que demanda la sociedad y la naturaleza.

Aunque hay diversas estrategias al uso de plaguicidas organosintéticos no todas son inocuas (inofensivas), hay algunas que contaminan los productos y provocan los mismos desequilibrios ecológicos; razón por la cual se establecen ciertas normas para su implementación en los procesos de producción orgánica.

El primer reglamento de agricultura orgánica se emitió en Francia en 1972, y a partir de entonces se han publicado varias normas de

* Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Estado de México,

producción orgánica por diversas instituciones gubernamentales y no gubernamentales, tanto nacionales como internacionales. Algunas mencionan solamente los principios básicos, mientras que otras enuncian detalles específicos en algunas situaciones de fitoprotección. No obstante existir diversos reglamentos, la mayoría coincide en las medidas que deben practicarse contra plagas en la producción orgánica.

En este sentido los agricultores, estudiantes, promotores, técnicos, y profesionistas que deseen introducirse en el manejo fitosanitario orgánico, en armonía con la naturaleza, deben conocer las sustancias y los materiales permitidos, restringidos y prohibidos en la producción orgánica en general. Sin embargo, estas normas se vuelven más específicas para los productores e inspectores cuando se desea exportar el producto orgánico, lo cual debe acatarse a las especificaciones de cierta certificadora y a las disposiciones internacionales.

Este documento, que conjunta los aspectos correctivos de las normas y las experiencias propias en el uso de los materiales, no considera el manejo preventivo (primeras acciones a implementar en una producción orgánica).

Cada productor debe combinar y usar estas alternativas, acorde a las necesidades, sustancias, materiales y condiciones de su entorno y ecosistema, pero también en relación a sus destrezas, ímpetu, ingenio y habilidades.

SUSTANCIAS Y MINERALES PERMITIDOS EN EL MANEJO DE PLAGAS

En esta nueva visión, el conocimiento y la implementación acertada, secuenciada y simultánea, de las estrategias, técnicas y materiales (enlistados alfabéticamente abajo), en la fenología del cultivo y en la biología de la plaga (sobre todo en la fase más susceptible del cultivo), regulará la densidad de población de estos organismos y la mantendrá por debajo de los umbrales económicos, a niveles que no causen daño significativo, permitiendo así cumplir con los estándares para la producción orgánica.

Las sustancias y los minerales que se aplican cuando las plagas han alcanzado una alta densidad de población, debido a que no se implementaron los métodos preventivos, y por lo tanto se requiere solucionar el problema fitosanitario de manera correctiva, son diversas.

Entre estas alternativas algunas son más efectivas que otras, pero también conllevan más riesgo al ambiente, por lo que deben dejarse al final.

Aceites minerales ligeros

Permitidos solamente para el manejo hongos e insectos en árboles frutales, vides, olivos, manzanos y perales entre otros, así como cultivos tropicales (por ejemplo, plátanos, cacao y otros), debido a que son derivados del petróleo (producto no renovable).

Aceites vegetales

Están permitidos. Sin embargo, se prohíbe su uso cuando se obtengan de plantas en peligro de extinción. Los aceites comúnmente recomendados para el combate de insectos plaga, son los de ajonjolí, algodón, cacahuate, colza, girasol, higuera, maíz, oliva y soya.

No deben usarse a dosis mayores a 2%, porque provocan fitotoxicidad; sin embargo, en dosis menores algunos aceites, como el de lino, cáñamo y nuez, causan fitotoxicidad.

Ácido bórico

Producto sintético permitido en el manejo de plagas, mientras no estén en contacto directo con alimentos o cultivos orgánicos.

Ácido peracético

Puede usarse en el control de bacterias, específicamente en tizón de fuego *Erwinia amylovora*; sin embargo, está restringido para el mercado europeo y japonés.

Ácidos naturales (vinagre)

Permitidos como antibacteriano.

Ajo (*Allium sativum*)

Se permite el uso del ajo en el manejo de plagas en la producción orgánica. El bulbo de ajo se ha aplicado como extracto acuoso (0.65 a 5 %) contra ácaros, babosas, bacterias, hongos, nematodos (gusanos redondos) e insectos.

Entre estos últimos, para el manejo de catarinita de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), chicharritas, chinches, conchuela del frijol (*Epilachna varivestis*), gallinas ciegas, gorgojos, gusano bellotero (*Heliothis virescens* y *Heliothis zea*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano medidor (*Alabama argillacea*), gusano peludo (*Estigmene acrea*), gusanos trozadores, mariposita blanca de la col (*Pieris rapae*), minadores, moscas blancas, picudo del algodón (*Anthonomus grandis*), picudo del chile (*Anthonomus eugenii*), pulgones y trips en los cultivos de ajonjolí, algodón, café, frijol, maíz, tomate y hortalizas, así como en granos almacenados.

Ajonjolí (*Sesamum indicum*)

El follaje de ajonjolí es aceptado para el manejo de plagas en la producción orgánica.

Alcohol

Los alcoholes, etanol e isopropanol, pueden usarse como alguicidas (que matan algas) y desinfectantes. El etanol está permitido para la elaboración de extractos, siempre y cuando provenga de un procedimiento natural.

Aminoácidos azufrados

Pueden usarse como fungicidas.

Anona (*Annona* sp.)

Son permitidas las semillas de anonas, principalmente de chirimoya (*Annona cherimola*), anona colorada o ilama (*Annona reticulata*) o anona blanca (*Annona squamosa*), se han utilizado contra ácaros, nematodos e insectos; se ponen 500 gramos en 1 litro de alcohol etanólico, y después de reposar 15 días se mezclan 500 mililitros de este en 16 litros de agua, y se aplica contra chicharritas, chinches, escamas, pulgones, gusano cogollero (*S. frugiperda*) y palomilla dorso de diamante (*P. xylostella*), principalmente en los cultivos de arroz y maíz, así como granos almacenados.

Arenas

Permitidas contra insectos.

Azufre

El azufre natural puede usarse contra ácaros hongos e insectos, solo o combinado con cal para conformar polisulfuro de calcio o sulfocálcico.

Bicarbonato de potasio

Puede usarse contra hongos.

Boratos

El bórax (tetraborato de sodio) y otros boratos de fuentes naturales están permitidos para el manejo de insectos y patógenos y en trampas.

Cacao (*Theobroma cacao*)

La mantequilla de cacao es aceptada como disolvente (extractante) en la preparación de extractos vegetales.

Café (*Coffea arabica*)

El polvo de café está permitido en la producción orgánica.

Cal apagada

La cal apagada (preferentemente sobre otros tipos de cal) procedente de bancos naturales, puede utilizarse contra ácaros, babosas, bacterias, caracoles, hongos e insectos; también puede usarse el producto obtenido por hidratación natural de cal viva (hidróxido de calcio).

Se pulveriza en los cultivos para reducir la incidencia de pulgones, debido a que el color blanco evita el descenso de estos. Se disuelve (50 gramos de cal hidratada) en 1 litro de agua y se aplica a árboles frutales para proteger del daño de pulgones.

Puede mezclarse con azufre y cobre para conformar polisulfuro de calcio y caldo bordelés.

Carbonato de amonio

Solo para usar como cebo en trampas para ácaros e insectos, sin contacto directo con el cultivo o con el suelo.

Cempasúchil (*Tagetes* sp.)

Las preparaciones, extractos y tés de cempasúchil, se aceptan para el manejo de ácaros e insectos en la producción orgánica.

Cenizas de fogón

Pueden usarse para elaborar jabones, y contra insectos como gorgojos, siempre y cuando provengan de la combustión de materiales permitidos; en contraste, se prohíben las cenizas que se obtengan de la combustión de estiércoles.

Cenizas volcánicas

Permitidas para el manejo de insectos, entre estos gorgojos.

Ceras

Se permite la cera de abeja, la cera de carnauba y la cera extraída de madera, pero no deben contener ninguna sustancia prohibida y no debe ser usada sobre partes comestibles. Los productos cubiertos con ceras deben ser especificados en el contenedor de embarque.

Chile (*Capsicum* sp.)

El fruto de chile, fresco o seco, entero o en polvo, quemado, o hervido o macerado en agua del 0.6 al 5 %, se ha aplicado contra babosas, hongos, virus e insectos.

Entre estos últimos, para el manejo de catarinita de la papa (*L. decemlineata*), chicharritas, chinches, conchuela del frijol (*E. varivestis*), gallinas ciegas, gorgojos, gusano bellotero (*H. virescens* y *H. zea*), gusano cogollero (*S. frugiperda*), gusano medidor (*A. argillacea*), gusano peludo (*E. acrea*), gusanos trozadores, moscas blancas, mariposita blanca de la col (*P. rapae*) y pulgones en los cultivos de ajonjolí, algodón, café, frijol, maíz, tomate y hortalizas, así como en plantas medicinales y de ornato, huertos familiares y granos almacenados.

Cítricos

Los productos de cítricos están aceptados para el manejo de ácaros e insectos en la producción orgánica.

Cloro

Los materiales de cloro, como dióxido de cloro, hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio, pueden usarse, siempre y cuando no se exceda el límite máximo residual de cloro (0.2-1.5 miligramos de cloro residual libre por litro de agua).

Cobre

Se permite el uso de cobre en formas de hidróxido de cobre, octanoato de cobre, oxiclورو de cobre, óxido cuproso, o sulfato de cobre tribásico para el manejo de hongos. Hasta 6 kilogramos de cobre como ingrediente activo por hectárea por año.

En el caso de cultivos perennes se podrá exceder esta cantidad, siempre y cuando se conserve el promedio en cinco años (30 kilogramos) y esté debidamente documentado. El sulfato de cobre está limitado a una aplicación como alguicida o contra inmaduros de crustáceos, durante cualquier periodo de 24 meses en sistemas acuáticos de arroz. El cobre puede combinarse con cal para conformar caldo bordelés.

Cola de caballo (*Equisetum sp.*)

Las preparaciones (como preparado biodinámico 508), extractos y tés de cola de caballo, se aceptan para el manejo de enfermedades de las plantas en la producción orgánica.

Cuasía (*Quassia amara*)

La cuasía puede usarse como extracto acuoso o etanólico, pero no sus principios activos puros ni formulados.

Diente de león

Con el diente de león se elabora el preparado biodinámico 506, que se adiciona a la composta; aceptado en la producción orgánica.

Dióxido de azufre

Se permiten las bombas de humo de dióxido de azufre, solo para control subterráneo de roedores.

Epazote (*Chenopodium ambrosioides*)

El follaje de epazote se aplica como macerado acuoso (0.06 a 4.7 %) contra gallinas ciegas, mariposita blanca de la col (*P. rapae*) y pulgones.

Espinosad

Insecticida permitido solo si se toman medidas para minimizar el riesgo de parasitoides importantes, de polinizadores y de desarrollo de la resistencia.

Estreptomycin

Se permite para el control del tizón de fuego (*E. amylovora*) en manzanas y peras.

Etileno

Puede usarse solo cuando forme parte de una estrategia destinada a impedir que la mosca dañe la fruta.

Feromonas

Pueden usarse las feromonas obtenidas de fuentes naturales, con métodos naturales y en última instancia las que se generen con otros métodos.

Las trampas deben recogerse una vez que se hayan utilizado y eliminarse de modo seguro.

Las hembras vírgenes del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis*, presas en jaulas, atraen machos: 10 jaulas de hembras vírgenes capturan 77 mil 857 machos, en un vivero de caña de azúcar de 1 hectárea, por lo que disminuyen la cópula, la infestación (3%), y la población de la plaga en la generación siguiente (durante 7 meses).

Fosfato férrico [ortofosfato de hierro (III)]

Solo se permite como molusquicida (contra babosas y caracoles).

Gelatina

La gelatina, agua de goma arábica, se permite como insecticida.

Harina de alfalfa (*Medicago sativa*)

Permitida como fertilizante y enmienda del suelo en la producción orgánica.

Hierba de la cucaracha (*Haplophytum camicidum*)

La hierba de la cucaracha se utiliza como polvo, macerado acuoso (a 3.3%), infusión acuosa (4 a 8 %) y tintura en mezcla con azúcar (a 80%), harina de maíz, manteca, masa o piloncillo para controlar chapulines, cucarachas, escamas y mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*).

Higuerilla (*Ricinus communis*)

El polvo de hoja de higuerilla se aplica contra plagas de granos almacenados en dosis de 0.9 a 1.1 %, y al cogollo del maíz para evitar al gusano cogollero (*S. frugiperda*), el macerado acuoso del follaje de 5 a 30 % controla plagas del maíz, broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*), moscas blancas y roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*); el extracto etanólico de la semilla controla defoliadores; y el aceite se ha aplicado contra plagas de granos almacenados, chinches harinosas, larvas y trips.

Jabones

Usar principalmente los jabones naturales obtenidos con plantas, o los que se elaboren con ceniza y cebo; en segunda instancia las sales de potasio con ácidos grasos (jabones suaves), para el manejo de algas, arvenses ruderales¹, insectos y musgos. El jabón de amonio se permite como repelente de animales grandes. No usar jabones que provengan de plantas en peligro de extinción.

¹ Planta ruderal: es una planta que aparece en hábitats alterados por la acción del ser humano, como bordes de caminos o zonas urbanas.

Lecitina

Puede usarse como emulsificante.

Manzanilla (*Matricaria chamomilla*)

Con la manzanilla se elabora el preparado biodinámico 503, que se adiciona a la composta; aceptada en la producción orgánica.

Mentol

Permitido para uso apícola.

Milenrama (*Achillea millefolium*)

Con las flores de milenrama se elabora el preparado biodinámico 502, que se adiciona a la composta; aceptada en la producción orgánica.

Minerales

Los polvos minerales, como arcilla, bentonita, polvo de piedra y silicatos entre otros, pueden usarse cuando provengan de fuentes naturales.

Nim (*Azadirachta indica*)

El nim puede utilizarse como extracto acuoso o etanólico de hoja, fruto o semilla y como aceite de la semilla, solamente cuando se tomen medidas para minimizar el riesgo contra enemigos naturales y otros organismos benéficos, y además se evite el rápido desarrollo de la resistencia.

No se permite el uso de los ingredientes activos puros. Los extractos de hoja de nim (a 2%), fruto (de 4 a 13.3 %), torta o semilla (de 0.1 a 5 %) y el aceite (de 0.2 a 1 %), se aplica a los cultivos para el manejo de barrenador de las guías de las cucurbitáceas (*Diaphania hyalinata* y *Diaphania nitidalis*), chinches, diabroticas, gorgojos, gusano alfiler del tomate (*Keiferia lycopersicella*), gusano bellotero (*H. virescens* y *H. zea*), gusano cogollero (*S. frugiperda*), gusano del cuerno (*Manduca quinquemaculata* y *Manduca sexta*), gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*), gusanos soldados, gusano terciopelo (*Anticarsia gemmatalis*), minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*), moscas, moscas blancas, palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), pulgones y trips, entre otros.

Ortiga (*Urtica dioica*)

Con la ortiga se elabora el preparado biodinámico 504, que se adiciona a la composta; aceptada en la producción orgánica.

Paraíso (*Melia azedarach*)

El paraíso, tanto hoja, fruto y semilla, se ha aplicado como polvo (2 a 8 %), polvo formulado (a 85%) y extracto acuoso (0.025 a 20 %) contra barrenadores, chapulines, gorgojos, gusanos, langostas, pulgones y termitas.

Permanganato de potasio

Permitido solamente contra bacterias y hongos de árboles frutales.

Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada)

Permitido como desinfectante de herramientas y equipos.

Piretro (*Tanacetum cinerariaefolium*)

Las formas naturales del piretro están permitidas para el manejo de ácaros e insectos en la producción orgánica. Las piretrinas, extraídas del piretro, están permitidas como insecticidas.

Plantas

Los polvos y extractos vegetales que usen agua y etanol, pueden usarse en el manejo de plagas, siempre y cuando la materia prima provenga de sistemas de producción sustentable. Se prohíbe el uso de plantas que estén en peligro de extinción.

Plaguicidas botánicos

Los plaguicidas botánicos deben de ser parte de un programa biorracional de manejo de plagas que emplee los materiales menos tóxicos posibles, y que los utilice en formas que minimicen el desequilibrio ecológico. No pueden ser el método principal para el manejo de plagas.

Polvos de rocas

Permitidos contra insectos.

Preparaciones ayurvédicas², biodinámicas y homeopáticas

Se permiten los preparados que usen agua y etanol, siempre y cuando sean elaborados con los procedimientos permitidos. Las plantas deberán provenir de sistema de producción sustentable y no haber sido modificadas genéticamente. Queda prohibido el uso de plantas en peligro de extinción.

Propóleo

El propóleo obtenido de producción orgánica puede usarse contra bacterias y hongos.

Resinas vegetales

Las resinas vegetales pueden usarse solo en trampas, cuando la materia prima provenga de sistemas de producción sustentable y no de plantas que estén en peligro de extinción.

² Referente a la medicina ayurveda, donde los remedios, principalmente plantas, se eligen por su capacidad de armonizar el equilibrio entre el paciente y las influencias básicas de la vida.

Roble (*Quercus* sp.)

Con la corteza de roble se elabora el preparado biodinámico 505, que se adiciona a la composta; aceptado en la producción orgánica.

Tabaco (*Nicotiana tabacum*)

Los extractos acuosos y etanólicos de tabaco están permitidos. Los preparados de hoja de tabaco, como extractos acuosos de follaje fresco (5 a 8 %) o follaje seco (1 a 2.5 %) se recomiendan contra ácaros, hongos, nematodos, virus e insectos. Entre estos, principalmente los de cuerpo blando, como chicharritas, chinches, escamas desnudas, gallinas ciegas, gorgojos (humo y polvo), gusanos, moscas blancas, palomilla de la manzana (*Cydia pomonella*), pulgones y trips en los cultivos de cereales, frijol, papa y trigo, y en granos almacenados. Se prohíbe el uso de nicotina pura y formulada.

Tetraciclina (complejo de calcio de oxitetraciclina)

Se permite para el control del tizón del fuego (*E. amylovora*).

Tierra de diatomeas

Solamente se permiten formas que no hayan recibido tratamiento térmico, pero para su aplicación contra ácaros e insectos debe usarse mascarilla para evitar la inhalación y en consecuencia la irritación en los pulmones.

Valeriana (*Valeriana officinalis*)

Con la valeriana se elabora el preparado biodinámico 507, que se adiciona a la composta; aceptada en la producción orgánica.

Vitamina D3

Puede usarse la vitamina D3 como veneno contra roedores.

Manejo biorracional de plagas

El manejo orgánico y biorracional de ácaros, arvenses, insectos y patógenos, debe iniciar con cultivos resistentes y proseguir con fertilización natural, diversidad vegetal (barreras, policultivos, y plantas atrayentes y repelentes), control biológico (depredadores, entomopatógenos³ y parasitoides⁴), métodos físicos (acolchados, coberturas, cubiertas, temperatura, oxígeno y cera), métodos mecánicos (capturas manuales o con trampas) y extractos de la plaga; todo como medidas preventivas.

³ Entomopatógenos: organismos causantes de enfermedades en los insectos.

⁴ El parasitoidismo es una relación interespecífica intermedia entre la depredación y el parasitismo. Los parasitoides (en su gran mayoría insectos) como parte de su ciclo de vida depositan un huevo en o cerca de su hospedador o huésped (también por lo general un insecto). De esta manera se desarrollan en su víctima durante su ciclo larval.

No implementar estas medidas permitirá que la población de la plaga se incremente y se convierta en un verdadero problema. A esta altura deben utilizarse medidas correctivas, como las aspersiones de aceites, ácidos, aminoácidos azufrados, azufre, bicarbonato de potasio, boratos, cal apagada, cenizas, cobre, feromonas, inertes, jabones, plantas [ajo (*A. sativum*), anonas (*Annona* sp.), nim (*A. indica*), chile (*Capsicum* sp.), epazote (*C. ambrosioides*), hierba de la cucaracha (*H. cimidum*), paraíso (*M. azedarach*), tabaco (*N. tabacum*) e higuierilla (*R. communis*)], piretrinas y resinas, entre otros.

El mejor manejo de la plaga se obtendrá al usar más de una alternativa, de manera secuenciada o simultánea, que tenga diferente forma y modo de acción, en todas las fases del cultivo y en los diferentes estados biológicos de la plaga, de manera complementaria y armónica.

Indiscutiblemente, las primeras acciones deben ser preventivas, y se deben implementar con suficiente anticipación. Cuando se llegue a la fase correctiva se entenderá que no se está haciendo un manejo adecuado de los problemas fitosanitarios.

La implementación de un manejo biorracional y orgánico, el cual debe ser específico para cada productor, región o condición, permitirá a los productores pequeños y de subsistencia, optar fácilmente por un manejo orgánico, en tanto que a los productores grandes los incentivará a cambiar de control a manejo y después de un proceso alcanzar la certificación orgánica.

Consideraciones generales

Las especies de plantas no mencionadas en este documento y que han mostrado actividad plaguicida, pueden ser utilizadas como extractos acuosos, puesto que las sustancias hidrosolubles son fácilmente biodegradables

Se debe observar lo que sucede en la naturaleza para entender lo que ella necesita que se use contra las plagas en bien de ella, del entorno y del planeta.

Con la implementación de estas opciones se dejará de contaminar con químicos organosintéticos, se regularán las interrelaciones en el ecosistema, se consumirán productos sanos, y habrá manejo, no control de la plaga. Se incentivará al productor a usar los recursos de su propia región y a no depender del exterior.

Es mejor usar extractos que fracciones y compuestos puros. Es mejor proteger al cultivo, que matar a la plaga. Es mejor manejar a la plaga que matarla.

El manejo de plagas en un proceso de producción orgánica debe evitar el desequilibrio del ecosistema, por lo que es necesario conocer con profundidad las interacciones dentro de este, no solamente para cuidar su estabilidad, sino para considerarlas en el manejo biorracional de los problemas fitosanitarios; es necesario conocer para modificar.

Rotar siempre las alternativas, no usar constantemente la misma técnica, estrategia o material. Cuando un preparado ya no sirva, no se debe aumentar la dosis, incrementar la frecuencia de aplicación, ni mezclar; es mejor cambiar a otro preparado u otra alternativa. Aunque algunas mezclas han probado su efectividad, como el caldo bordelés y el polisulfuro de calcio, estas deben usarse como segunda o última opción, cuando sus ingredientes solos u otras alternativas no funcionen.

Los productos comerciales contra plagas, que consideren en su elaboración algún material permitido, deben ser evaluados de manera imparcial. En caso que no mencionen que la materia prima sea orgánica, no exista una certificación del producto, o no lo respalde una certificadora, este producto no debe ser recomendado ni aplicado.

Utilizar productos no autorizados pone en riesgo la certificación; razón por la cual se recomienda conocer los materiales permitidos, restringidos y prohibidos en el manejo de plagas en el proceso de producción orgánica. En contraste, el uso adecuado conlleva al cumplimiento de las normas internacionales de calidad asentadas en ISO-9000.

Los coadyuvantes, materiales, sustancias o compuestos que ayudan a tener mejor efectividad a los ingredientes activos, están permitidos cuando provengan de una fuente natural.

El manejo orgánico de plagas será un éxito cuando se consideren los hábitos, daños y comportamientos de las plagas, la especie y el número de hospederos susceptibles, los enemigos naturales y otros factores de autorregulación natural. Se usen los materiales y las técnicas autóctonas para elaborar insectistáticos⁵, no insecticidas.

La práctica de la agricultura orgánica, además de contribuir a la producción de alimentos inocuos, persigue disminuir al mínimo el impacto ambiental, de la misma manera en que procura la mejor relación laboral y el trato digno a los trabajadores, considerando en este sentido varias de las normas internacionales imperantes en la comercialización global.

La agricultura de subsistencia, tradicional, indígena o de escasos recursos económicos, no es lo mismo que la agricultura orgánica; debe ser apegada a las normas ecológicas de producción y seguir el proceso de certificación.

En México debe incentivarse el consumo de productos orgánicos, para apoyar los procesos naturales y ecológicos de producción agrícola, y se evite la contaminación del agua, suelo y aire.

La tierra no la tenemos prestada de nuestros abuelos, la tenemos prestada de nuestros hijos, por lo tanto debemos hacer un buen uso de ella para dejarla mejor que cuando la recibimos.

BIBLIOGRAFÍA

Almeida, A.A. 1986. Métodos mecánicos e culturais de controle de pragas. Informe agropecuario 12(140):10-3.

Blas B., H. 1997. Normas internacionales relacionadas con la producción orgánica. En Evento de Aprobación en Certificación de Agricultura Orgánica. SAGAR y Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp.19.

Brasil, 1998. Normas disciplinadoras para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal. Instrução Normativa No. 7 (17 de maio de 1999), Ministerio de Agricultura e Abastecimento. Brasil. 8p.

CERTIMEX, 1998. Normas para la producción y procesamiento de productos ecológicos. CERTIMEX (Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos) y Universidad Autónoma Chapingo. México. 83p.

Coody M.S., L. S. (Comp.), 1998. Manual de normas y procedimientos de certificación de Oregon Tilth. Oregon Tilth, Inc. Salem, OR 97303, USA. Traducido al español por la Certificadora de Producción Orgánica Ecológica de San José, Costa Rica. 129p.

Coody M.S., L. S. (Comp.), 1999. Lista de materiales genéricos de Oregon Tilth. Oregon Tilth, Inc. Salem, OR 97303, USA. Traducido al español por la Certificadora de Producción Orgánica Eco-LOGICA de San José, Costa Rica. 63p.

Departamento de Promoción, Formación, Divulgación e Investigación (DPFDI), 1998. Reglamento (CEE) no 2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios [reglamento refundido con sus modificaciones, Reglamento (CE) núm. 1900/98 de la Comisión de 4 de septiembre de 1998]. En Reglamentación Vigente en Agricultura Ecológica. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica (CAAE). Sevilla, España. p.1-43.

Gómez T., L., M. A. Gómez C. y R. Schwentesius R. 1999. Proceso de certificación y perspectivas de mercado de la agricultura orgánica de México. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Ruiz F., J. F. (Ed). Texcoco, México. p. 267-80.

IFOAM, 1996. Basic standars for organic agriculture and processing and guidelines for coffe, cocoa and tea; Evaluation of Inputs. IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). Copenhagen, Denmark. 46p.

IFOAM, 2000. Normas básicas para la producción y el procesamiento ecológico. IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). En Material del Curso Básico de Inspectores Orgánicos de Fincas y Procesamiento, organizado por la Universidad Autónoma Chapingo, México, del 3 al 10 de diciembre del 2000. 89p.

IFOAM, 2005. Normas de IFOAM para la producción y el procesamiento orgánicos. Versión 2005. Alemania.

Lineamientos técnicos para la operación orgánica agropecuaria. 2010.

⁵ Insectistático: que inhibe el desarrollo normal de los insectos.

www.ciidri.com.mx.

López O., J.F., A. Aragón G., C. Rodríguez H. y M. Vázquez G. (Eds), 2007. *Substancias naturales contra plagas. Agricultura Sostenible Vol. 3.* U. de G. (CUCBA), BUAP, SOMAS y CP. Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. 1a edición 2007. 200p.

Ministerio de Agricultura, Silvicultura e Industrias Pesqueras de Japón, 2005. *Estándares agrícolas de Japón para productos agrícolas orgánicos.* Notificación Núm. 1605. 9p.

Munro O., D. 1996. *Estándares para la inspección de productos y procesos orgánicos que norma la Organic Crop Improvement Association (OCIA).* Memorias del Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Zapata A., R. J. y R. Calderón A. (Eds). México, D.F. p.116-35.

OCIA, 2000. *Estándares internacionales de certificación.* Organic Crop Improvement Association (OCIA)-México. Oaxaca, México. 86p.

OMRI, 2000. *Generic materials and brand name products lists.* Organic Materials Review Institute (OMRI). Eugene, OR 97440-3758, USA. 88p.

Rodríguez H., C. 1996. *Biodinamización y control de plagas.* p. 63-6. En: *Control alternativo de insectos plaga.* Memoria de curso. Rodríguez H., C. (Comp.). Colegio de Postgraduados y Fundación Mexicana para la Educación Ambiental A.C. Tepetzotlán, Estado de México, México. 114p.

Rodríguez H., C. 1997. *Insecticidas vegetales y agricultura orgánica.* Memoria del Evento de Aprobación en Certificación de Agricultura Orgánica. SAGAR-CONASAG-DGSV-CP. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. p. 162-79.

Rodríguez H., C. 2005. *Plantas contra plagas 2: epazote, hierba de la cucaracha, paraíso, higuera y sabadilla.* NWF, RAPAM, RAPAL, SOMAS, ITAT y CP. Texcoco, Estado de México, México. 209p.

Rodríguez H., C. 2006. *Plantas contra plagas 1; potencial práctico de ajo, anona, nim, chile y tabaco.* CP, RAPAM y RAPAL. Segunda reimpresión (2006) de la primera impresión (2000). Texcoco, Estado de México, México. 133p.

Rodríguez H., C. 2007. *Cal contra plagas.* En: *Alternativas contra plagas. Agricultura sostenible.* Vol. 1. p.83-103. Rodríguez-Hernández, C.; M.L.I. Bauer; C.G.S. Valdés-Lozano y S. Sánchez-Preciado (Eds). SOMAS, CP e ITAT. Montecillo, Texcoco, México.

Rodríguez H., C. 2008. *Alternativas para el manejo integrado de gorgojos en graneros rústicos.* LEISA Revista de Agroecología 23(4):32-5.

Rodríguez H., C. y J.D. Vendramim, 2008. *Substancias vegetales para el manejo de las moscas blancas.* p.83-102. En: *Moscas blancas. Temas selectos sobre su manejo.* Ortega A., L.D.; A.A. Fu C.; A.L. Lourenção; C. Rodríguez H.; C.G.Q. Fugí; F. García V.; H.C. Arredondo B.; J. Lara R.; J.D. Vendramim; M.C. Avilés G.; U. Nava C. y V.E. Carapia R. (eds). Capítulo 9. Editorial Mundiprensa. México, D.F.

Ruiz F., J.F. 1999. *Reglamentación, normatividad y certificación.* Tomo II de Tópicos sobre agricultura orgánica. Consejo Nacional Regulador

de Agricultura Orgánica y Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 465-84.

SAGAR, 1995. *Norma oficial mexicana NOM-O37-Fito-1995.* Diario Oficial de la Federación (23 de octubre de 1995). SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). México. 32p.

SAGARPA, 2006. *Ley de Producción Productos Orgánicos.* Nueva Ley Diario Oficial de la Federación 07-02-2006. 12p.

Secretaría de Salud, 1994. *Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994; Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que se debe someterse el agua para su potabilización.* Diario Oficial de la Federación. 21p.

Sosa M., L. 1999. *La Certificación de Productos Orgánicos en México y la Acreditación ISO 65.* Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Ruiz F., J. F. (Ed). Texcoco, México. p. 193-9.

Unión Europea, 2007. *Reglamento (CE) No. 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) Núm. 2092/91.* Diario Oficial de la Unión Europea. 23p.

Unión Europea, 2008. *Reglamento (CE) No. 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) Núm. 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control.* Diario oficial de la Unión Europea. 84p.

USDA. 2003. *Programa Nacional Orgánico. Reglamento Final.* 7 CFR Parte 205-Programa Nacional Orgánico. USDA. 68p.

Mercado de bioinsecticidas en México

Cipriano García-Gutiérrez*

Patricia Tamez Guerra**

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria de los bioinsecticidas tiene una fracción muy pequeña del mercado mundial de plaguicidas. El mercado de estos productos representó solo 1.3% del mercado global, donde los bioinsecticidas tuvieron 7.5% del total.

En México se estima que el empleo de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) para el control de plagas en campo, está entre 4 y 10 % del total de insecticidas, mientras que la producción y el empleo de diferentes hongos entomopatógenos¹ y organismos entomófagos² es cada vez mayor, en las principales regiones agrícolas.

Además, se ha iniciado la producción de otro tipo de productos elaborados en base a bacterias (actinomicetos), baculovirus, nematodos (gusanos redondos) y extractos de plantas, aunque con un mercado nacional muy pequeño.

Sin embargo, el empleo de diferentes hongos entomopatógenos y organismos entomófagos es cada vez mayor. En las principales regiones agrícolas, la demanda de estos y otros productos biológicos para el control de plagas permite incorporarlos dentro de la agricultura orgánica y de los esquemas modernos de producción, que requieren mayor calidad e inocuidad en los alimentos y productos del campo.

Por otro lado, se espera que en las próximas décadas el crecimiento de insecticidas químicos sea solo de 2%, debido, entre otras cosas, a

*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA)-Instituto Politécnico Nacional (IPN), unidad Sinaloa.

**Facultad de Ciencias Biológicas (FCB)-Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), San Nicolás de los Garza, N. L.

1 Entomopatógenos: organismos causantes de enfermedades en los insectos.

2 Entomófagos: que se alimentan de insectos.

que el uso de estos productos ha generado problemas de resistencia de plagas, mientras que los biopesticidas crecerán de 10 a 15 %, debido a las expectativas de ocupar nuevos nichos de mercado (plagas forestales, plagas de invernaderos, artrópodos³ de importancia médica y pecuaria), en este escenario los bioinsecticidas figuran como nuevos productos necesarios para una agricultura sustentable.

Aunado a esto, se vislumbra la apertura de un importante mercado de estos productos, que se regirá por las reglas de oferta y demanda del mercado nacional e internacional de productos de uso agrícola, esto en concordancia con disposiciones del comercio internacional, como la de la Organización Común de Mercado (OCM) y de Política Agrícola Común (PAC), en Europa, cuya finalidad es regular la producción y comercio de los productos e insumos usados en la agricultura, como es el caso de los agrobiológicos. Por esta razón el apoyo financiero y fiscal a la pequeña y mediana empresa nacional dedicada a este giro, será una fuerza importante que determinará el crecimiento de esta industria.

MERCADO Y COMERCIALIZACION DE BIOINSECTICIDAS

En virtud de que los bioinsecticidas, como cualquier otro producto, deben competir en precio y efectividad con los insecticidas químicos disponibles en el mercado, es muy importante que la producción se realice de manera eficiente y económica, para su uso generalizado.

El éxito en la comercialización de estos productos requiere conocimientos de aspectos técnicos y de mercado; en el primer caso, los factores que afectan la decisión a comercializar agentes de control biológico son los siguientes:

El tipo de plaga y el tamaño del mercado

Se refiere al espectro de plagas que se pueden controlar con un producto y al impacto que el bioinsecticida puede tener con los insectos benéficos. Además, es importante considerar la variación de resultados que se pueden observar en campo y el grado de los avances tecnológicos del producto, incluyendo producción y formulación (si se requiere), envasado y distribución del mismo, así como el tipo de aplicación en campo.

La inversión en investigación

Es necesario reconocer el papel crítico de la ciencia y tecnología en la generación de conocimientos orientados al descubrimiento y desarrollo de productos alternativos para el control de plagas, esto en virtud de que actualmente las ganancias generadas por las ventas de estos productos no son suficientes de inmediato para el pago de la inversión en el desarrollo de los nuevos productos; por ello, se requiere, además, de una política

³ Artrópodos: organismos que se caracterizan por tener el cuerpo y los apéndices segmentados. Los insectos forman parte de este grupo.

económica para el financiamiento de los aspectos técnicos, que promuevan el desarrollo de la industria del control biológico, así como el desarrollo comercial del producto.

Tan solo las pruebas de seguridad y registro suman de 1 a 2 millones de dólares, y requieren de 2 a 3 años para completarse. La necesidad de registro de patente de procesos y productos tiene alto costo y es incompatible con el desarrollo de esta industria a pequeña escala.

La forma más común para el desarrollo de un producto es la colaboración entre las pequeñas o grandes empresas con las instituciones y universidades que realizan investigación. La creación de una nueva generación de productos, como los bioinsecticidas, requiere de una gran aceptación del público, especialmente de los productos desarrollados a través de métodos de ingeniería genética, como el caso de los cultivos transgénicos.

La compatibilidad

Además, y debido a que los agricultores difícilmente adquieren nuevos equipos para la aplicación de productos para control biológico, los agentes microbianos se deben formular de manera que sea compatible con los equipos de aspersión o aplicación y con la metodología de aplicación de la mayoría de los productos agrícolas.

Todos estos son los requisitos técnicos más importantes que, aunados a la efectividad y aceptación de los productos por los agricultores e industriales, determinarán el mercado futuro de los bioinsecticidas.

Como ya se mencionó, el producto final deberá de competir en precio y efectividad con los productos químicos disponibles en el mercado, por esto es muy importante insistir en que la producción se realice de manera eficiente y económica, como veremos más adelante, la producción de bacterias y hongos entomopatógenos generalmente se lleva a cabo por fermentación líquida, semisólida o sólida, mientras que la de virus (baculovirus), protozoarios (microsporidios) y organismos entomófagos, pueden requerir de insectos o cultivos de células de insectos, lo cual conlleva a costos de producción más elevados.

Dentro de los factores de mercado que pueden afectar la factibilidad económica, y por ende la aceptación y empleo de los bioinsecticidas se encuentran:

Necesidad de mercado

Es fundamental conocer la necesidad real y potencial de los productos que se ofrecen, esto se refiere a que a través de los estudios de mercado, se determine si existe un déficit de productos, si es que no existen estos productos en el mercado, o si son innovadores; es decir, que sean requeridos para cubrir una necesidad, y que ofrezcan una serie de ventajas sobre otros productos, para que se justifique su producción y comercialización.

Tamaño de mercado

Se debe saber qué tanta superficie se siembra en México, en qué cultivos y para qué tipo de plagas se usará el producto. Definir los segmentos del mercado, ya sean cultivos de riego o temporal, cultivos en invernadero o bien en áreas forestales, etcétera.

Este parámetro se debe cuantificar y se deben estimar los índices de crecimiento; por ejemplo, la necesidad de aplicar agentes de control biológico para el control de artrópodos en el área veterinaria para el control de insectos vectores en salud y área forestal, es ya una realidad.

Comercialización

El éxito de la comercialización de este tipo de productos tiene que ver con la efectividad del mismo, su formulación y su presentación comercial, así como con la compatibilidad y métodos y equipos de aplicación, la viabilidad comercial de un producto tiene importancia a su vez con su permanencia en el tiempo.

Competencia

Los bioinsecticidas compiten en el mercado con los insecticidas químicos y están en desventaja en precio y efectividad inmediata. Sin embargo, los avances de la ciencia y tecnología en aspectos de toxicidad y formulación, los hacen más competitivos; como ejemplo podemos citar el uso y la aplicación de hongos entomopatógenos a ultra bajo volumen para el control de ortópteros⁴. Existen otros casos donde las normas de inocuidad alimentaria, agricultura orgánica o producción más limpia implican el uso de bioinsecticidas, los cuales son compatibles con los esquemas de producción con calidad para el mercado interno y para exportación.

Las consideraciones económicas que impactan la comercialización de bioinsecticidas incluye la necesidad de mercado, el tamaño del mismo, la eficacia de los productos, los márgenes de ganancia y la competencia; este último aspecto determina el éxito de una empresa. Sin embargo, actualmente no existe una necesidad económica bien marcada que justifique la fabricación de productos alternativos para el control de plagas.

Nicho de mercado

Es la oportunidad que tienen los bioinsecticidas de sustituir a los plaguicidas químicos en el control de plagas de cultivos importantes, tales como la caña de azúcar, café, algodón, hortalizas y frutales, los cuales actualmente se manejan bajo esquemas de manejo integrado de plagas.

Márgenes de ganancias

Las ganancias (diferencia entre el costo de producción y precio de venta) deben permitir la subsistencia de las empresas y generar utilidades que permitan el crecimiento sostenido de las mismas.

⁴ Ortópteros: pertenecen a este orden los saltamontes, grillos y langostas.

Entre las principales empresas que comercializan bioinsecticidas en México se pueden mencionar: Bayer Crop Science; BioTechnique, S.A. de CV.; Du Pont de México; Dow AgroSciences; Koppert de México; Monsanto; Plant Health Care de México; Savia S.A.; y Syngenta, S.A.

La comercialización de entomopatógenos a nivel mundial lo ocupan productos elaborados a partir de bacterias (principalmente *Bt*), hongos (*Beauveria*, *Metarhizium* y *Paecilomyces*) y virus (principalmente baculovirus).

PRODUCCIÓN AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO

En cuanto a producción de organismos benéficos, se pueden mencionar el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, el Centro Internacional de Investigación y Capacitación Agropecuaria, A. C., además de los Centros de Reproducción de Organismos Benéficos, en diferentes estados de la república.

A continuación se presentan algunas generalidades de los diferentes aspectos técnicos en la producción, mercado y comercialización de los principales agentes de control biológico que se usan en la producción de bioinsecticidas, con el objeto de analizar su estado de desarrollo tecnológico, que determinan a su vez su estatus en el mercado.

Bacterias

La mayoría de estos productos están basados en diferentes cepas de la bacteria Gram positiva⁵ *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) la cual produce toxinas específicas (δ -endotoxinas)⁶ tóxicas para diferentes ordenes de insectos (Glass, 1995, Realpe, et al. 1995). Otro tipo de productos se basan en la extracción de la δ -endotoxina que es incorporada a un plásmido⁷ que se inserta a un aislado de *Pseudomonas fluorescens*.

A las células bacterianas recombinantes se les permite crecer en un medio de cultivo adecuado para que expresen la δ -endotoxina, y posteriormente se les aplica un tratamiento de alta temperatura. Las células bacterianas muertas sirven de microcápsulas que protegen a la frágil toxina de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*).

A nivel comercial, las bacterias se multiplican generalmente en un tanque de fermentación líquida. El agente de control biológico puede ser formulado en estado de dormancia⁸ o ser metabólicamente activo.

⁵ Gram positivas: bacterias que se tiñen de azul oscuro o violeta por la tinción de Gram.

⁶ Una endotoxina es un componente de la pared celular de las bacterias Gram negativas constituida por lípidos y polisacáridos.

⁷ Los plásmidos son moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico) que se replican y transcriben independientes del ADN cromosómico. Están presentes normalmente en bacterias, y en algunas ocasiones en organismos eucariotas, como las levaduras.

⁸ Dormancia: periodo en el ciclo biológico de un organismo en el que el crecimiento, desarrollo y —en los animales— la actividad física se suspende temporalmente.

Las formulaciones que contienen células activas son menos tolerantes a fluctuaciones ambientales, menos compatibles con productos químicos, de vida más corta, y requieren un empaquetamiento que permita un intercambio de gases y humedad. Sus ventajas son que al estar activas empiezan a actuar en el momento de su aplicación. En este sentido, la formulación, para almacenamiento debe considerar al ingrediente activo (microorganismos) y los diluyentes básicos necesarios que logren prolongar su viabilidad; asimismo, se debe considerar el método de aplicación.

Los inertes más comunes utilizados en la formulación de entomopatógenos son polvos y arcillas, gel de sílice o tierras diatomeas⁹. En este sentido, las arcillas son preferidas como inertes, debido a que los diluyentes de origen botánico —no obstante que poseen muchas de las propiedades de las arcillas— son más variables en su composición y resultan menos predecibles que los minerales.

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

Se estima que en México se siembran alrededor de 10 millones de hectáreas al año, de las cuales unas dos millones corresponden a cultivos de riego. Para cubrir 5% de la superficie del maíz de riego, se requieren 100 toneladas del producto comercial.

La posibilidad del empleo de *Bacillus thuringiensis* (BT) para el control de una amplia variedad de plagas de campo o de interés en salud pública, ha permitido un incremento de este tipo de productos en el mercado. Se estima que en 1999, el empleo de bioinsecticidas a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) en México se incrementó en 15-20 %, y que tan solo en la región de El Bajío guanajuatense, se estimó que se tuvo una aplicación de 37 toneladas *Bacillus thuringiensis* (BT) en el 2001.

Algunas referencias indican que de un mercado internacional de 120-140 millones de dólares (mdd) en productos a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), aproximadamente de 50-60 mdd se consumen en América, principalmente en Estados Unidos y Canadá.

Así tenemos que, mientras Canadá y Estados Unidos llegan a consumir 50% de los bioinsecticidas comercializados, en México, Centro y Sudamérica, solo se consumen 8-10 % del mercado en América.

Las principales firmas que controlan el mercado mundial son: Valent AgroScience, Certis y Dow AgroScience. Se tiene estimado que Valent comercializa de 30 a 40 % del total de los biopesticidas; Dow AgroScience, 20%; Certis de 15 a 20 %; y entre Ecogen y Mycogen, 10%.

En México, el consumo de bioinsecticidas ha aumentado a mayor velocidad que en otros países. Se sabe que el mercado potencial de *Bacillus thuringiensis* (Bt) es muy amplio, debido a que se estima que se puede aplicar en 100 mil hectáreas de maíz, 174 mil en algodón y 250 mil

⁹ Diatomea: alga unicelular que vive en el mar, en el agua dulce o en la tierra húmeda, y que tiene un caparazón silíceo formado por dos valvas de tamaño desigual.

en hortalizas, además de otros cultivos.

En este caso, la efectividad del producto y su precio promedio de 19 dólares por hectárea, no los hace competitivos frente a los productos químicos que se ofrecen en el mercado a menor precio, por lo que estos se utilizan preferentemente para el control de plagas.

El empleo de bioinsecticidas en cultivos como maíz y frijol, que son los cultivos más importantes por la superficie que se siembra, aún no se considera rentable desde el punto de vista económico, aun cuando algunas instituciones de investigación han demostrado mediante experimentos en laboratorio y campo la efectividad de bacterias y hongos sobre los insectos plaga de estos cultivos.

Hongos

Dentro de los hongos entomopatógenos destacan *Beauveria bassiana* (bálsamo) Vuilleimin y *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith, para el control de la mosca blanca; *Verticillium lecanii* (Zimmermann) para áfidos; *Metarhizium anisopliae* (Metsh.) y *M. flavoviridae* Gams & Rozsypal para cucarachas.

Los hongos entomopatógenos se producen comercialmente a través de procesos biotecnológicos, empleando un sistema mixto, denominado difásico (líquido-sólido), el cual consiste en una fase inicial de obtención de micelio-espora producido en medio líquido, las cuales son transferidas a un sustrato inerte o nutritivo, como los cereales que permiten la producción de conidios¹⁰ aéreos.

Estos productos se aplican directamente sobre el insecto en forma de polvo, emulsión o polvo humectante. En condiciones de campo pueden aplicarse mezclados con aceite a volumen ultrabajo, a fin de incrementar su eficiencia y proteger el agente de control biológico de la radiación solar.

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

En los últimos años se han obtenido resultados positivos con el uso de hongos entomopatógenos como factores de regulación de plagas agrícolas. Se puede señalar como ejemplo a Brasil donde se emplea *M. anisopliae* (Metchnikof) Sorokin para el combate de la mosca pinta *Manarva posticata* (Stal) en caña de azúcar.

En Inglaterra y Holanda, *V. lecanii* (Zimmermann) es aplicado en cultivos de invernadero contra la mosca blanca [*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)] y áfidos.

En Florida, Estados Unidos, *Hirsutella thompsonii* Fisher es aplicado contra ácaros de los cítricos (*Phyllocotrupa oleivora*).

¹⁰ Las conidias (conidios) son esporas asexuales no móviles, que se forman (exógenamente) en el ápice o en el lado de una célula esporógena (tejido que produce esporas). Se desprenden de las células terminales o laterales de hifas especializadas denominadas conidióforos.

En África se usan formulaciones de conidios de *Metarhizium anisopliae acridum* en aceites contra *Schistocerca gregaria* Forskal y otros ortópteros.

En Estados Unidos se ha comprobado que una cepa de *B. bassiana* obtenida del picudo del algodón, y comercializado para el combate de este insecto, es también altamente virulenta contra mosca blanca de las hortalizas (*Bemisia tabaci*).

En Cuba y en China se destaca la producción masiva y el uso de estos hongos como única opción para el control de una amplia variedad de plagas en sus sistemas de producción agrícola.

En México existen varios grupos de investigación dedicados al estudio del aislamiento, caracterización y producción de hongos entomopatógenos a nivel de laboratorio, planta piloto e industrial. Entre los microorganismos que se están estudiando destacan los hongos *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *P. fumosoroseus* y *V. lecanii*, que se usan de manera importante en todo el país para el control de plagas del café, chile y hortalizas, entre otras.

En México se han desarrollado programas específicos para el uso de hongos en el control de insectos plaga; así, por ejemplo, actualmente se producen y comercializan, *M. anisopliae* var. *anisopliae* y var. *acridum* para el control de mosca pinta (*Aenolamia* spp.) en caña de azúcar, y langosta (*Schistocerca piceifrons* y *P. fumosoroseus*) contra mosquita blanca *B. tabaci* y *B. bassiana* para broca del café (*Hypothenemus hampei*).

El empleo de hongos se realiza en los estados de Colima, Guanajuato, Oaxaca y Sinaloa, para el control de insectos en cultivos de hortalizas, gramíneas y leguminosas; además se estudia su futura aplicación para el control de insectos en frutales y especies forestales en viveros, bosques y áreas urbanas.

Los costos promedio son de 190 hectáreas en productos nacionales, y 39 dólares por hectárea en productos importados; lo cual es ligeramente superior al costo de químicos, por lo que se estima que los agricultores los acepten como una buena alternativa para el control de insectos, principalmente en invernadero y en cultivos de alto valor económico, como hortalizas y frutales.

Mediante la integración de conocimientos sobre dinámica y fluctuación poblacional de los insectos plaga, la fenología del cultivo y las condiciones que favorecen al desarrollo de microorganismos entomopatógenos se ha logrado que estos bioinsecticidas sean aceptados y utilizados en algunas regiones del país; de tal manera que durante 1995 se aplicaron productos a base de hongos entomopatógenos en 40 mil 82 hectáreas, para el combate de diferentes plagas de importancia agrícola.

Actualmente es difícil conocer con exactitud la cantidad de hongos entomopatógenos que se utilizan en el país, debido al número de laboratorios que producen de manera local y que varía constantemente (sobre todo los que producen *B. bassiana* para el control de broca del café), así como a la gran capacidad de producción que tienen algunos laboratorios privados (como Agrobionsa en Culiacán, Sinaloa, y el

laboratorio de Tres Valles, Veracruz); lo que es indudable es que la superficie tratada con hongos se ha incrementado en gran medida pero aún no en todo su potencial.

Una empresa Mexicana independiente que produce y comercializa bioinsecticidas es Agrobionsa (Culiacán, Sinaloa). Además de *Bacillus thuringiensis* (BT), dicha empresa comercializa los hongos de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. fumosoroseus* para su aplicación en diferentes cultivos, control de plagas caseras y en invernaderos.

Existe también la producción de hongos a nivel estatal en ciertas regiones agrícolas. Un ejemplo lo constituye el producto BioFung (BbChc-LBIH-28), elaborado por el Centro de Reproducción de Organismos Benéficos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato, A.C., y cuyo agente activo son esporas de *B. bassiana*; también comercializan Fitosan, a base de *M. anisopliae*; además de Trichogramma y Crysoperla.

Asimismo, el Centro Nacional de Referencia de Control Biológico-Dirección General de Sanidad Vegetal (CNRCB-DGSV) (Tecomán, Colima) se encarga de producir diferentes tipos de hongos para investigación sobre el control de plagas de insectos en el país, además de entomófagos.

Virus

Dentro de los virus entomopatógenos, los más importantes como potenciales bioinsecticidas pertenecen a la familia Baculoviridae, que se dividen en virus de la poliedrosis nuclear (NPV) y virus de la granulosis (GV). Las técnicas disponibles para cubrir las necesidades de producción actuales son la producción *in vivo*¹¹ con insectos y la producción *in vitro*¹² en cultivo de células.

La producción de NPV *in vivo* se basa en ciclos de infección naturales, y hay un nivel alto de producción de un cuerpo proteico grande, llamado poliedro, el cual sirve para proteger los viriones¹³ infectivos mientras que permanece en el ambiente. Las técnicas para la cría de insectos son bien conocidas y ya establecidas, haciendo que se facilite el desarrollo de un sistema de producción a pequeña escala. La desventaja de este método es la falta de escalamiento, teniéndose dificultades para la producción a gran escala.

La producción del tipo NVP *in vitro* es un proceso relativamente nuevo, el cual es el resultado directo de los avances recientes que se han logrado en las técnicas de cultivos celulares. La efectividad de la producción *in vitro*

11 *In vivo*: significa "que ocurre o tiene lugar dentro de un organismo". En ciencia, *in vivo* se refiere a experimentación hecha dentro o en el tejido vivo de un organismo vivo, por oposición a uno parcial o muerto. Pruebas con animales y los ensayos clínicos son formas de investigación *in vivo*.

12 *In vitro*: técnica para realizar un determinado experimento en condiciones de laboratorio.

13 En medicina, microbiología y biología se denomina virión a la partícula vírica morfológicamente completa e infecciosa.

se ha mejorado gracias al empleo de nuevas líneas celulares, tanques de fermentación altamente sofisticados (reactores biológicos) y a medios de producción específicos.

Este sistema tiene las siguientes ventajas: no es necesario mantener la colonia de insectos para el suministro de larvas para la producción del virus; los cultivos celulares se pueden almacenar en refrigeración; el producto obtenido sale más limpio, debido a que no contienen partes de insectos, contaminación microbiana o dieta artificial para insectos; tiende a requerir menos trabajo, haciéndolo más fácil de escalar para producción comercial; y se está abriendo la posibilidad de producción de virus recombinantes, los cuales han sido alterados genéticamente para incrementar su efectividad en el control de insectos.

Sus desventajas son: los costos del equipo y medio de cultivo son altos, los reactores biológicos son más modernos que los tanques de fermentación para la producción de bacterias y levaduras. Algunos virus de la poliedrosis nuclear (NPV) recombinantes fueron diseñados para expresar genes foráneos para producir toxinas tipo proteínas específicas de insectos, producir hormonas de crecimiento de insectos y ampliar el rango de hospederos del virus.

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

En la actualidad, la línea celular más ampliamente usada para la replicación de los NPV es derivado de *Spodoptera frugiperda*. Hasta 1983, varios de los virus de insectos patógenos han sido cultivados en líneas celulares de insectos, excepto para los virus de la granulosis.

El empleo de baculovirus para control biológico es casi nulo en México, pero existen diferentes proyectos donde se estudia la factibilidad económica y las ventajas del empleo de dichos agentes para plagas que son difíciles de controlar con hongos o bacterias. Es muy probable que en el futuro se incremente paulatinamente el consumo de productos a base de estos microorganismos en países en desarrollo.

Para el control de insectos, se deben de utilizar diferentes virus que poseen una elevada especificidad en sus huéspedes. Estos productos no han tenido el éxito que cabría esperar, debido a su bajo nivel de virulencia, poca estabilidad a la luz ultra violeta, dificultades en la producción y una pobre persistencia en el entorno.

Nematodos

Los nematodos que se emplean más comúnmente como bioinsecticidas son *Heterorhabditis* y *Sterinernema*. Los nematodos son patógenos obligados en la naturaleza. Sin embargo, son fácilmente cultivados en el laboratorio.

Para su comercialización se siguen esquemas de producción masiva *in vivo* e *in vitro*.

Galleria mellonella es el insecto que se usa para la producción *in*

vivo, con rendimientos hasta de 3.5×10^5 juveniles infectivos por insecto. La producción *in vivo* es una labor intensiva y costosa, pero es también simple, confiable y da como resultado una alta calidad de nematodos.

El método estándar carece de economías a escala, pero requiere experiencia e inversiones mínimas de capitales. Gaugler y Han (2002) describen un método a gran escala de un sistema *in vivo*, automatizado en gran parte, y este a su vez es proyectado a mayor escala para reducir los costos de trabajo.

Para la producción a gran escala *in vitro*, se usan medios sólidos tridimensionales o métodos de fermentación líquida. Bedding (1981) describe un método de producción *in vitro*, en el cual espumas de poliuretano son revestidas con un medio nutritivo y posteriormente inoculadas, primero con la bacteria simbiótica y luego con los nematodos. Usando este método, se alcanzan hasta 65 millones de juveniles infectivos por 500 mL permitiendo la producción de 2000 millones de nematodos. Las ventajas del método de los medios sólidos son los bajos costos de capital, se requiere experiencia mínima (más que en el método *in vivo*), y la logística de producción es flexible. En Europa, cuatro de las ocho compañías comerciales producen sobre medios sólidos.

El método de fermentación líquida tiene los costos de producción masiva más bajos y es el método de opción para grandes compañías con productos múltiples en países industrializados. Para cultivos líquidos exitosos, los factores dominantes son: un medio conveniente, monoxénico¹⁴ y oxígeno adecuado.

Los componentes típicos de un medio de cultivo son: extracto de levadura como fuente de nitrógeno; fuentes de carbohidratos, tales como harina de soya, glucosa o glicerol; lípidos originarios de plantas o animales y sales. La transferencia de oxígeno dentro de un fermentador no debe dar lugar a fuerzas de corte perjudiciales a los nematodos. Equipo convencional (incluyendo impulsores de lámina plana, columnas de elevación de burbujas y fermentadores con vueltas internas) los cuales llegan a ser exitosos.

Un gran número de nematodos han sido exitosos, produciendo de 7 mil 500 a 80 mil litros en fermentadores, incluyendo *S. carpocapsae*, *S. riobrave*, *S. kushidai*, *S. feltiae*, *S. glaseri*, *S. scapterisci*, *H. bacteriophora* and *H. megidis*, con rendimientos tan altos a 250 mil juveniles infectivos por mililitro, dependiendo de la especie de nematodo.

Con *Heterorhabditis*, las fermentaciones líquidas rinden un número inconsistente de juveniles infectivos. El tiempo de producción puede ser prolongado, debido a la recuperación de los juveniles infectivos inoculados dentro del cultivo.

¹⁴ Se llama monoxénico, cuando el parásito requiere un solo huésped.

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

Los nematodos que se emplean como bioinsecticidas son *Heterorhabditis* y *Sterneinema*. Es importante aclarar que son bacterias simbióticas¹⁵ que coexisten con estos microorganismos las que infectan al insecto, no el nematodo en sí.

Además de estos, el nematodo (*Romanomermis* spp.) se está produciendo a nivel de laboratorio en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-unidad Oaxaca, de manera similar a las mencionadas para el caso de hongos. La producción está dirigida al control de mosquitos de importancia en salud pública (*Anopheles* sp. y *Culex* sp).

CONCLUSIONES

Para incrementar el consumo de bioinsecticidas en México se requiere de mayor investigación científica y de estudios de factibilidad técnica y económica que se enfoquen a mejorar la producción y calidad de los mismos, con el fin de garantizar la efectividad del producto final.

Desde el punto de vista comercial, usualmente los bioinsecticidas son más caros que los insecticidas químicos, lo cual provoca su menor preferencia en el mercado. Por esta razón se está realizando investigación en ingeniería genética de algunos microorganismos para mejorar su efectividad, estudios de procesos de manufactura (fermentación, síntesis y formulación) para aumentar la estabilidad, y procesos de elaboración de dichos microorganismos con agentes sinergistas¹⁶, en formulaciones más económicas que sean ecológicamente seguras, durante y después de su aplicación en campo.

Los datos de producción y comercialización de bioinsecticidas en México son comparables a los de otros países desarrollados, lo cual refleja la aplicación de los resultados de investigación científica por parte de los investigadores y agricultores en nuestro país. Es también importante hacer mención de la conciencia que existe en el daño potencial al ambiente con el uso irracional de insecticidas químicos, lo que ha ayudado al progreso de la biotecnología agrícola. Esto a su vez ha permitido el incremento en la producción de entomopatógenos y entomófagos en México.

Para la comercialización y la aplicación de productos bioinsecticidas en áreas extensivas como maíz y frijol, es necesario realizar más investigación, tanto científica como de mercados, enfocada a mejorar la producción, calidad y distribución, y así poder asegurar su efectividad después del almacenado y aplicación en el campo.

Esta no es una tarea fácil ni exclusiva para nuestro país, sino que es el esfuerzo que se viene realizando a nivel mundial, por las ventajas que

¹⁵ El término simbiosis hace referencia a la relación estrecha y persistente entre organismos de distintas especies.

¹⁶ Sinergia: acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

conlleva. El uso intensivo de bioinsecticidas se vislumbra prometedor para el control de plagas forestales, en viveros e invernaderos, y también serán importantes para el control de artrópodos de importancia médica y veterinaria.

Asimismo, es posible que en el futuro las compañías nacionales ya existentes, e incluso empresas nuevas, sean capaces de aumentar la producción de bioinsecticidas, con lo cual se podrían reducir los costos e incrementar el consumo de estos productos en nuestro país. Cada vez existe mayor interés por el empleo de productos biológicos en lugar de químicos, contemplados como una alternativa dentro del manejo integrado de plagas (MIP) en diferentes cultivos y principalmente en sistemas de cultivos, conocidos como *agricultura orgánica* y *agricultura sustentable*. Por estos motivos, creemos que el mercado de bioinsecticidas en México es incipiente, y que permitirá reducir el empleo de insecticidas químicos paulatinamente.

BIBLIOGRAFÍA

Auld, B. A. 1992. Mass production, formulation and application of fungi as biocontrol agents, pp: 219-229. In: Lomer, C. J. & C. Prior (eds.), Biological control of locusts and grasshoppers. CAB International.

Baum, J. A., T. B. Jhonson, and Bruce C Carlton, 1999. *Bacillus thuringiensis*: Natural and recombinant bioinsecticide products. In: Biopesticides: use and delivery. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, N. J. pp. 189-209.

Bateman, R. 1997. Methods of applications of microbial pesticide formulations for the control of grasshoppers and locusts. In: M.S. Goettel and D. L. Johnson (eds.), Memoirs of the entomological society of Canada. 171. 69-81. 400 p.

Bedding, R. A. 1981. Low cost *in vitro* mass production of *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests. *Nematologica*. 27: 109-114.

Boyetchko, S., Pedersen, E., Punja, Z., Reddy, M. 1998. Formulations of biopesticides. Hall F.R. & Barry J.W. Editors In: Methods in biotechnology, vol. 5. 487-508. Humana Press, Totowa, N. J.

Boyetchko, S., E. Pedersen, Z. Punja, and M. Reddy, 1999. Biopesticides: present status and future prospects. In: Biopesticides: use and delivery. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, N. J. pp 487-507.

Bryant, J. E. 1994. Commercial production and formulation of *Bacillus thuringiensis*. *Agric. Ecosys. Environ.* 49: 31-35.

Cabanillas, E., Barker, K.R., Nelson, L. A. 1989. Survival of *Paecilomyces lilacinus* in selected carriers and related effects on *Meloidogyne incognita* on tomato. *Journal of Nematology* 21: 121-130.

De Liñán, C. 2001. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Agrotécnicas S.L., Madrid. 670 pp.

Ehlers, R. U. 1996. Current and future use of nematodes in biocontrol: practice and commercial aspects with regard to regulatory policy issues. *Biocontrol Science and Technology*. 6: 303-316.

Ehlers, R. U., S. Lunan, K. Krasomil-Osterfeld, and K. H. Osterfeld, 1998. Liquid culture of the entomopathogenic nematode-bacterium complex *Heterorhabditis megidis/Photorhabdus luminescens*. *Biocontrol*. 43: 77-86.

Ehlers, R. U. 2001. Achievements in research of EPN mass production. pp. 68-77. In: C. T. Griffin, A. M. Burnell, M. J. Downes, and R. Mulder, eds. Developments in entomopathogenic nematode/bacterial research. Proceedings of the workshop held at the National University of Ireland Maynooth, 13 to 15 April 2000. Luxemburg: European Community.

Federici, B. A. 1999. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control. In: Biopesticides, Use and Delivery. Ed. F. R. Hall, and J. J. Menn. Humana Press, Totowa N. J. USA. pp. 301-320.

Gaugler, R., and R. Han. 2002. Production Technology. pp. 289-320. In: R. Gaugler, ed. Entomopathogenic Nematology. Wallingford, UK: CABI Publishing.

Gelernter, F. H., Quick, T. C., Thomson, M. A. 1993. Cell Cap: an encapsulation system for insecticidal biotoxin proteins. Kim, L. (Editor) In: Advanced engineered pesticides. Marcel Dekker, New York, p. 73-83.

Georgis, R., D. B. Dunlop, and P. S. Grewal, 1995. Formulation of entomopathogenic nematodes. pp. 197-205. In: F. R. Hall and J. W. Barry, eds. Biorational pest control agents: Formulation and delivery. Washington, DC: ACS Symposium Series No. 595, American Chemical Society.

Glass, D. J. 1995. Biotic effects of soil microbial amendments. Rechcigl, J.E. (Ed.) En: Soil amendments. Impacts on Biotic Systems. Lewis Publishers, CRC Press, Inc.

Grewal, P. S., and R. Georgis. 1998. Entomopathogenic nematodes. pp. 271-299. In: F. R. Hall and J. Menn, eds. Methods in biotechnology, Vol. 5: Biopesticides: Use and delivery. Totowa, NJ: Humana Press.

Hall, R. A. 1981. The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphid and scale.

Jenkins, N. E., R. Bateman and M. B. Thomas. 1998. The LUBILOSA Programme-Development of a Mycoinsecticide for locust and grasshopper control. Memoria XXI Congreso Nacional de Control Biológico. Noviembre 5-6 de 1998. Río Bravo, Tamaulipas, México.

Jenkins, N. E., Gabriel Heviefo, J. Langewald, A. J. Cherry & C. J. Lomer. 1998. Development of a mass production technology for aerial conidia for use as mycopesticides. *Biocontrol News and Information* 19(1): 21N-31 N.

Lumsden, R. D., Lewis, J. A., Favel, D. R. 1995. Formulation and delivery of biocontrol agents for use against soilborne plant pathogens. Hall F.R. & Barry J.W. (Eds.) In: Biorational pest control agents. Formulation and delivery. American Chemical Society, Washington, DC.

McCoy, C. W.; R. A. Samson and D. G. Boucias, 1988. Entomogenous fungi, pp: 151-236. En: Ignoffo, C. M. (ed), CRC Handbook of natural pesticides. Volume V, Microbial insecticides Part A, entomogenous, protozoa and fungi. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL.

Mendonca, A. F. 1992. Mass production, application and formulation of *Metarhizium anisopliae* for control of sugarcane froghopper, *Mahanarva posticata*, in Brasil, pp: 239-244. In: Lomer, T. J. & C. Prior (eds.), Biological control of locusts and grasshoppers. CAB International. Printed in UK.

Menn, J. J. and F. R. Hall, 1999. Biopesticides: present status and future prospects. In: Biopesticides: use and deliver. Ed. F. R. Hall and J. J. Menn. Humana Press. Totowa, N. J. pp. 301-320.

Milstead, J. E., and G. O. Poinar, Jr. 1978. A new entomogenous nematode for pest management systems. *California Agriculture*. 33(3):12.

Miller, L. K., A. J. Lingg, and L. A. Bulla, 1983. Bacterial, viral, and fungal insecticides. *Science*. 219: 715-721.

Moore, D. y R. W. Caudwell, 1997. Formulations of entomopathogens for the control de grasshoppers and locusts. Memoirs of the Entomological Society of Canada. 171: 49-67.

Rodriguez del Bosque, L. A., y H. C. Arredondo Bernal, 1999. Quién

es quién en control biológico en México. Directorio de especialistas, instituciones y laboratorios de organismos benéficos.

Stirling, G.R. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems, and prospects. CAB International, Wallingford, Oxon, 282 pp.

Wright, J. E. 1993. Control of the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) with naturalis-L: a mycoinsecticide. J. Econ. Entomol. 86(5): 1355-1358.

Situación y perspectivas de la agricultura orgánica en México y del mercado de los productos orgánicos

Laura Gómez Tovar*

Manuel Á. Gómez Cruz*

Rita Schwentesius Rindermann*

INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica, también denominada ecológica o biológica, entre otros calificativos, es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia, para favorecer el medio ambiente, promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella.

En la agricultura orgánica se excluyen el uso de productos de síntesis química, como fertilizantes y plaguicidas, se evita el uso de organismos modificados genéticamente, aguas negras, radiación y nanotecnología¹.

El Reporte del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP, por sus siglas en inglés) titulado *Towards a green economy* (Hacia una economía verde), publicado en 2011, considera posible la erradicación de la pobreza si se realiza un mejor manejo y conservación del capital natural. Informa que existen 525 millones de pequeños productores en el mundo, y de estos, 404 millones poseen menos de 2 hectáreas. El reporte afirma que si estos productores cambian a prácticas sostenibles, esta pueda ser la forma más viable de brindarles alimentos, reducir la pobreza, incrementar la fijación de carbono y acceder a mercados verdes.

Para México, la agricultura orgánica es una opción viable, dadas las bondades que ofrece al país, pues está vinculada con la geografía de la pobreza, principalmente con pequeños productores con una superficie

* Universidad Autónoma de Chapingo.

¹ La nanotecnología es un campo de las ciencias aplicadas dedicado al control y manipulación de la materia a una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas (nanomateriales).

menor de 3 hectáreas, y 22 etnias indígenas (de las 56 que existen); del total de productores, 35% son mujeres, quienes son responsables de la producción, la cual protege y conserva a los recursos naturales.

En México, la agricultura orgánica se empezó a incentivar principalmente en la década de los 80, debido a que los países desarrollados, preocupados por su salud, comenzaron a demandar productos orgánicos que no podían cultivar en su territorio. Inicialmente fueron agentes extranjeros los que se conectaron con actores mexicanos solicitándoles la producción de determinados productos orgánicos.

Así, el cultivo de alimentos sanos —principalmente en áreas donde no se utilizaban insumos de síntesis química, y posteriormente en compañías comercializadoras de Estados Unidos— influenciaron la producción en la zona norte del país, ofreciendo a empresas y productores privados financiamiento y comercialización a cambio de productos orgánicos. Desde entonces, la agricultura orgánica se ha convertido en un sector exitoso que sigue creciendo y extendiéndose. Actualmente se registran 380 mil hectáreas orgánicas a nivel nacional, con más de 128 mil productores.

Para que un productor garantice y compruebe al consumidor que el producto que ofrece es orgánico, se debe ajustar al cumplimiento de un conjunto de normas y reglas que rigen todo el proceso de producción y/o transformación del mismo. La certificación orgánica tiene la finalidad de verificar, comprobar y garantizar, que la producción en campo y el procesamiento de la materia prima en la industria se lleven a cabo con base en lo establecido en las normas de la producción orgánica. Mediante esto el productor obtiene un sello o certificado que garantiza al consumidor que verdaderamente está produciendo bajo este esquema y, por otro lado, le permite obtener un sobreprecio en su producto ofertado.

Existen dos tipos de certificación orgánica: la certificación orgánica de tercera parte; formal o de agencia; y la certificación orgánica participativa, también denominada: Sistemas de Garantía Participativos (SGP).

En el presente documento se aborda la situación de la agricultura y el mercado orgánico en el mundo; posteriormente se describe el caso de la agricultura orgánica mexicana, características socioeconómicas, problemática, y qué ha hecho el Estado mexicano para su fomento; y finalmente, se esbozan algunas conclusiones.

LA AGRICULTURA Y EL MERCADO ORGÁNICO EN EL MUNDO

La agricultura orgánica ha adquirido cada vez mayor importancia dentro del sistema agroalimentario de más de 160 países; para el 2009 existían 66.8 millones de hectáreas, de las cuales 35 millones corresponden a superficie agrícola orgánica, 31.1 millones de hectáreas de áreas en recolección y de pecoreo (miel), 0.4 millones de hectáreas de acuicultura ecológica, y 0.3 millones de área no agrícola.

En 2010 se registró un incremento de 5.7% en el área agrícola, sumando 37 millones de hectáreas, cultivadas por 1.8 millones de agricultores. Entre

los países con mayor desarrollo en superficie destacan Australia, Argentina, Estados Unidos, China y Brasil.

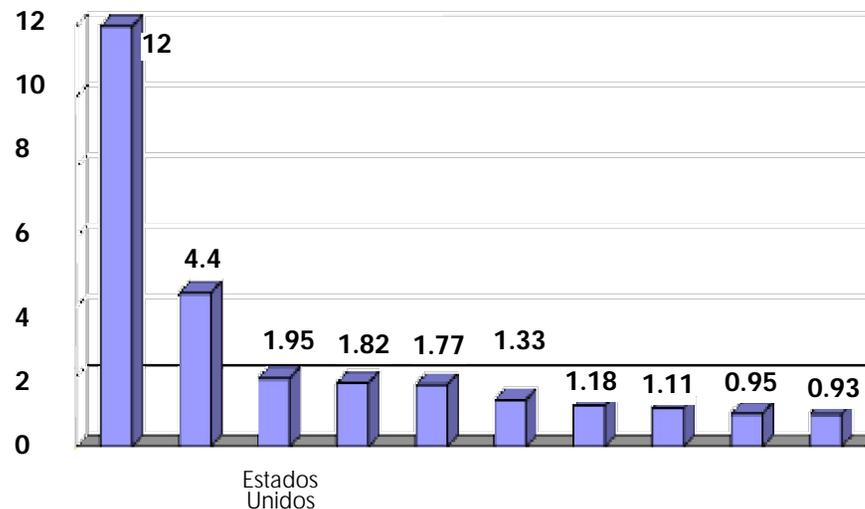


Figura 1. Principales países con superficie orgánica en el mundo en 2011 (en millones de hectáreas).

Entre los países que han convertido una mayor proporción de su tierra agrícola a la producción orgánica, sobresalen siete que ya superan 10% del total de su superficie:

1. Las Islas Malvinas, con casi 36%.
2. Liechtenstein, con 27%.
3. Austria, con 18%.
4. Suecia, con 12.6%.
5. La Guayana Francesa, con 11.7%.
6. Suiza, con 10.8%.
7. Estonia, con 10.5%.
8. México se ubica en los primeros 40 lugares, con 2.42%.

En términos del número de productores, México ocupa el tercer lugar a nivel mundial, con casi 129 mil agricultores que practican la agricultura orgánica; después de India (877 mil productores) y Uganda (188 mil) (Figura 2). En cuarto lugar está Etiopía, y en quinto Tanzania.

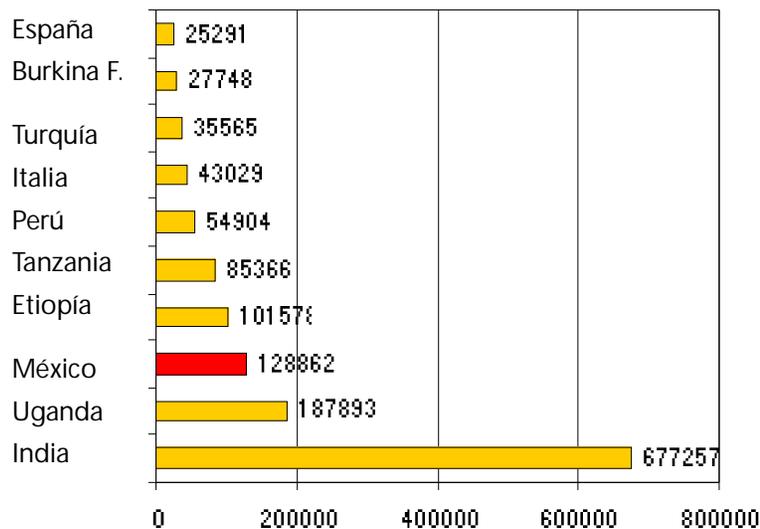


Figura 2. Principales países por número de productores orgánicos en el mundo, 2011.

La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM, por sus siglas en inglés) reportó en 2009 que la demanda de productos orgánicos en el mundo era ya muy importante: las ventas habían aumentado por más de 5 mil millones de dólares en tan solo un año; el mercado se había triplicado en valor a lo largo de ocho años, pasando de 15 mil millones de dólares en 1999, a 46 mil millones de dólares en 2007, con una demanda principal en Norteamérica y Europa, con 97% de los ingresos globales.

En 2011, Organic Monitor (Monitor Orgánico) estimó que en 2010 se alcanzaron ventas por 55 billones de dólares a nivel mundial. Los mayores mercados en ventas son Estados Unidos, Alemania, Francia, Inglaterra e Italia.

En Europa Central se encuentran los países que tienen un mayor gasto *per cápita* en alimentos orgánicos, estando a la cabeza Dinamarca, con 139 euros; Suiza en el segundo lugar, con 132 euros; y Austria, con 104 euros. Estados Unidos ocupa el mercado mayoritario, erogando *per cápita* 55 euros, ubicándose en el octavo lugar a nivel mundial.

SITUACIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO

A diferencia de los otros sectores agropecuarios del país, el sector orgánico ha crecido en medio de la crisis agroalimentaria. La superficie orgánica, el número de productores, las divisas generadas y el número de empleos presentan un dinamismo anual superior al 25% a partir de 1996 (Cuadro 1).

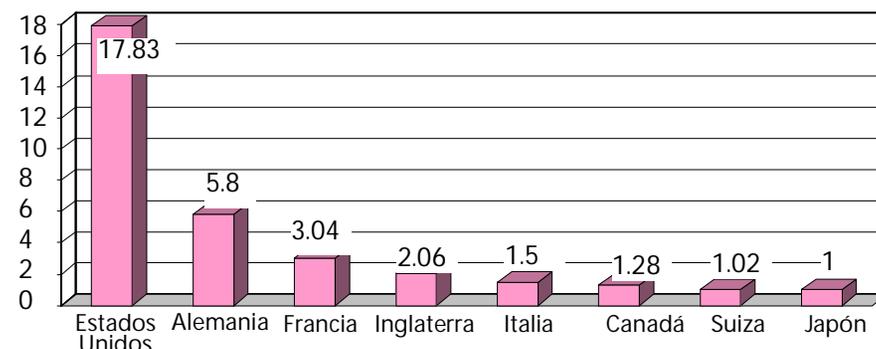


Figura 3. Países con los mayores mercados domésticos orgánicos en el mundo, 2011 (millones de euros).

La agricultura orgánica constituye una actividad económica importante en la generación de empleo y divisas. Su adopción requiere en promedio 30% más de mano de obra por hectárea con respecto a la producción convencional, contribuyendo de esta forma, a la creación de alrededor de 172 mil empleos directos. México es líder mundial en la producción de café orgánico y sus características agroecológicas le dan ventaja comparativa también en la producción de hortalizas de invierno y frutas tropicales, cuyo mercado se ha orientado fundamentalmente al comercio internacional, creando una fuente importante de divisas.

Cuadro 1. Evolución de la agricultura orgánica en México.

	1996	1998	2000	2004-2005	2007-2008	Tasa de crecimiento
Superficie (hectáreas)	21 265	54 457	102 802	307 692	378 693	32.37
Número de productores	13 176	27 914	33 587	83 174	128 862	25.61
Empleos directos	13 785	32 270	60 918	150 914	172 293	28.73
Divisas (dólares)	34 293	72 000	139 404	270 503	394 149	27.66

A nivel nacional se ubican más de 650 unidades orgánicas de producción (considerando a las organizaciones de productores como una unidad de producción). La actividad dominante dentro de la producción orgánica se refiere a la producción agrícola orgánica, puesto que en esta se concentran 91.6% de las unidades y 97.2% de los productores (Cuadro 2).

Cuadro 2. México. Importancia económica de la producción orgánica por sector, 2008.

Sector	Superficie	Número de productores	Empleo directos	Divisas generadas (dólares)
Agricultura	326 436.5	125 031	167 566	390 603
Recolección	46 208	43	43	s/d
Ganadería	6049	47	38	No exporta
Apicultura	37 455 colmenas	3741	4646	3546
Total	378 693.7	128 862	172 293	394 149

El crecimiento de la agricultura orgánica se concentra en los estados de Chiapas y Oaxaca, que son las entidades más pobres de país, con los índices de desarrollo humano más bajos. Asimismo, México está dentro de las 12 naciones catalogadas como *megadiversas* del mundo; así, Chiapas, Oaxaca y Veracruz, concentran alrededor de 70% de la biodiversidad del país.

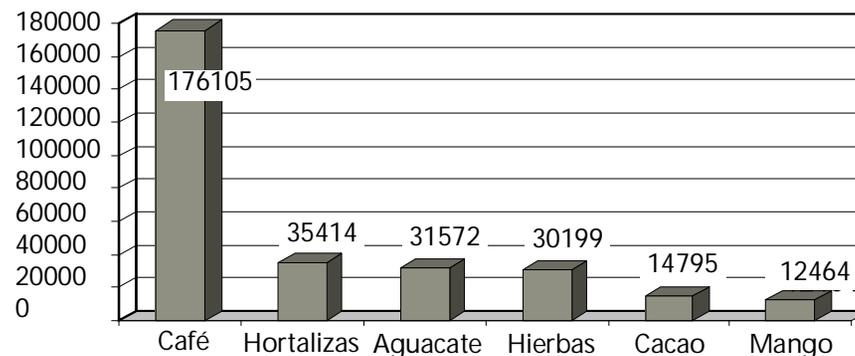
La distribución de la superficie orgánica por entidades es de 32% en Chiapas, 17% de Oaxaca, 13% en Michoacán, 8% en Querétaro, 4.6% en Tabasco, 4.9% en Guerrero, 4% en Veracruz, 3.7% en Sinaloa, y el resto en las demás entidades.

Mientras en 1996 se cultivaban de manera orgánica alrededor de 30 cultivos, o grupos de cultivos en asociación, para 2008 ese número se ha incrementado a 67. Sin embargo, son 15 los cultivos que concentran el 97.3% de la superficie reportada con producción orgánica.

Lo anterior implica, que aun cuando se presenta una tendencia hacia la diversificación de la producción orgánica —como resultado de los esfuerzos de los productores por ampliar la oferta de productos (bambú, ajo, nim, cacahuate, chabacano y jiotilla, cultivos que se incorporaron a la producción orgánica en los últimos tres años)—, continúa sobresaliendo la concentración de la superficie destinada a la producción de café (46.5% de la superficie orgánica nacional).

Otros cultivos de importancia son las hortalizas, con 9.3%; el aguacate, con 8.3%; las hierbas, con 8%; el cacao, con 3.9%, y el mango, con 3.3% de la superficie orgánica nacional (Figura 4).

La ganadería está aún en una fase incipiente, se tienen únicamente 47 unidades de producción en todo el país. Veracruz y Tabasco son los principales estados productores, principalmente con carne de res, mientras que en menor cantidad aparece la producción de leche y otros tipos de ganado (borregos, pollo, etc).

**Figura 4. Superficie de los principales cultivos orgánicos en México, 2008 (hectáreas).****Cuadro 3. México: superficie de producción pecuaria orgánica por especie, 2004-2008.**

Especie	Superficie			
	2004-2005		2007-2008	
	Hectáreas	(%)	Hectáreas	(%)
Bovinos de carne	9 122.20	60.00	5 796.80	95.83
Bovinos de carne y leche	771.60	5.10	128.00	2.12
Bovinos de leche	482.00	3.20	n.d.	n.d.
Ovinos	353.00	2.30	60.00	0.99
Otros			64.20	1.06
Total nacional	10 728.80	100.00	6 049.00	100.00

La apicultura ha mostrado un comportamiento más prometedor, con 23 unidades de producción, en su mayoría organizaciones sociales de productores en Quintana Roo y Oaxaca, sumando más de 3 mil 700 productores, y más de 37 mil colmenas, con una producción de 1326 toneladas, donde cerca de 60% se exporta principalmente al mercado europeo con un valor de 3.5 millones de dólares.

Para la certificación de la producción en México, se emplea principalmente la certificación de agencia, aunque en los últimos años ha ganado terreno la certificación participativa.

En el país participan más de 20 agencias, de más de 450 que existen a nivel mundial, siendo solo una de origen Mexicano (CERTIMEX) (Cuadro 4).

Cuadro 4. México: Superficie agrícola certificada por agencia

Certificadora	País de origen	Superficie 2004-2005		Superficie 2008	
		Hectáreas	(%)	Hectáreas	(%)
Certificadora mexicana de Productos y Procesos Ecológicos, S. C. (CERTIMEX, S. C.)	México	97 419.96	27.02	76 824.31	24.85
Institute for Marketecology (IMO Control)	Bolivia	69 525.49	19.28	N.d.	N.d.
Naturland	Alemania	47 750.12	13.24	56 758.64	18.36
Bioagricert	Italia	38 569.06	10.70	27 158.49	8.78
Organic Crop Improvement International (OCIA)	Canadá	51 910.48	14.40	70 591.42	22.83
Oregon Tilth Certified Organic (OTCO)	Estados Unidos	14 666.84	4.07	9422.82	3.05
KRAV	Suecia	11 594.00	3.22	8133.32	2.63
Quality Assurance International (QAI)	Estados Unidos	11 333.16	3.14	7742.00	2.50
BCS OKO Garantie	Alemania	6835.00	1.90	5143.00	1.66
California Certified Organic Farmers (CCOF)	Estados Unidos	3624.00	1.00	415.80	0.13
Guaranteed Organic Certification Agency (GOCA)	Canadá	2094.20	0.60	2346.20	0.76
IMO Control Suiza	Suiza	2000.00	0.55	42 552.08	13.76
Aurora Certified Organic (ACO)	Estados Unidos	1063.39	0.29	N.d.	N.d.
Demeter	Estados Unidos	430.00	0.12	430.00	0.14
Farm Verified Organic (FVO)	Estados Unidos	400.00	0.11	400.00	0.13
International Certification Services, Inc. (ICS)	Estados Unidos	400.00	0.11	400.00	0.13
Organic Forum	Estados Unidos	53.19	0.01		0.00
Florida Organic Growers Certified (FOG)	Estados Unidos	48.00	0.01		0.00
LACON	Alemania	39.00	0.01	39.00	0.01
MAYACERT	Guatemala			N.d.	N.d.
Certification Environmental Standarts (CERES)				399.95	0.13
Otras (USDA Organic)	Estados Unidos	20.00	0.00	420.00	0.14
Total		360 515.92	100.0	309 177	100.0

La certificación orgánica participativa, la certificación alternativa, de confianza, colectiva o los Sistemas Participativos de Garantía, como los denomina la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM, por sus siglas en inglés), se diferencian de la certificación de tercera parte o de agencias, con que cumplen con las normas orgánicas pero mantienen procedimientos de verificación simples, mínima burocracia, costos mínimos y normalmente incluyen un proceso pedagógico y control social que involucra a los actores de la cadena productiva (productores y consumidores).

La Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos, Red A.C. (2009), define a la certificación participativa como un proceso colectivo entre productores, consumidores y otros actores, que garantizan la calidad orgánica y sana de productos locales, generados a pequeña escala, basado en relaciones de confianza y que promueven compromisos de salud ecológica, equidad y certidumbre ambiental.

En la actualidad existen docenas de sistemas de garantía participativos que usan los productores y consumidores alrededor del mundo. Aunque los detalles en cuanto a metodología y proceso varían, la consistencia de los principios fundamentales de un extremo a otro de los países y continentes es sumamente variada.

La verdadera sustancia vital de estos programas se encuentra en el hecho de que son creados por los mismos productores y consumidores a quienes están sirviendo. Como tales, son adoptados y son específicos para las comunidades, geografías, políticas y mercados en donde se originaron.

La certificación participativa está sumamente vinculada con estilos de mercado alternativos en mercados locales, ventas en granjas, cooperativas de consumidores, con la denominada agricultura apoyada por la comunidad *Community Supported Agriculture* (CSA), distribución de despensas a domicilio, entre otros.

En México, la certificación participativa está siendo principalmente utilizada para el mercado local por los mercados miembros (25) de la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos (www.mercadosorganicos.org.mx), haciendo uso del artículo 24 de la Ley de Productos Orgánicos.

PROBLEMÁTICA DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO

Existen problemas de diversa índole a lo largo de la cadena de producción-comercialización-consumo de los cultivos orgánicos, que además de frenar su dinamismo y generar cambios significativos en su estructura, están limitando potenciar sus resultados e impactos.

En el carácter técnico sobresale que la mayor parte de los encuestados refiere la necesidad de formación de cuadros técnicos especializados para los procesos y técnicas orgánicas (proceso de trabajo de los cultivos, cría de animales, transformación y comercialización orgánica); y una baja transferencia de tecnología desde los centros de investigación y universidades hacia al sector (47% de los encuestados).

Estos elementos junto con otros de relevancia técnica pueden llevar a una eventual disminución de la productividad y calidad orgánica nacional, lo que impacta no solo en la disminución de los ingresos por parte de los productores, sino en el desánimo de muchos productores hacia esta bondadosa forma de producción.

En el aspecto económico, destaca la insistencia por parte de los productores individuales y también de los organizados (64% de los encuestados) que el país no cuenta con mecanismos de financiamiento para esta agricultura, en particular cuando en la transición debe esperarse de 2 a 3 años antes de poder comercializar un producto como orgánico, además se requiere de cambios en la infraestructura de las unidades de producción, pago anual de la certificación, acceso a información, asesoría técnica especializada, búsqueda de mercados, entre otros.

Un fenómeno que se está presentando, es que a pesar de que las organizaciones sociales están logrando certificar su producción, instrumentar estructuras de control interno para inspeccionar a sus socios (sistema interno de control para la certificación de tercera parte o de agencia) y establecer convenios con comercializadoras, no pueden acopiar el 100% de la producción orgánica de sus socios, dado que las organizaciones difícilmente acceden a financiamientos con montos que permitan acopiar la totalidad de su producción y pagar los precios altos de mercados a sus miembros en esta primer instancia (posteriormente se realiza un ajuste al pago con base al precio de venta que logra la organización); ello hace que se desperdicien parte de los recursos invertidos en la producción, capacitación, inspección y certificación.

A su vez, las empresas transnacionales están aprovechando esta situación y están comprando dicha producción desestabilizando a las organizaciones; a manera de ejemplo en el café orgánico, esta situación la han vivido recientemente.

A nivel de mercado se depende fundamentalmente de la exportación de la producción en al menos 80% (Cuadro 5), mientras que el mercado interno está en proceso de crecimiento, pero sin planeación, por lo que la oferta es errática y se concentra en los estados productores, a tal grado de que hoy es posible encontrar importación de productos que son comercializados en tiendas especializadas y supermercados.

Otro aspecto medular se refiere a la carencia de organización en el sector. Si bien es cierto que los productores están organizados de forma local en sus respectivas estructuras jurídicas, a la fecha no se cuenta con una estructura nacional que permita la discusión de los aspectos prioritarios y medulares que atañen al sector, por ejemplo: qué elementos deberían apoyarse en mayor grado, qué propuestas requerían formar parte de una estrategia nacional de investigación en agricultura orgánica, la gestión de apoyos al Estado, cabildeo con las Cámaras de Senadores y de Diputados, entre muchos otros.

Cuadro 5. México: Destino de la producción orgánica exportada, 2008.

Producto	Países
Café	Alemania, Dinamarca, Francia, Holanda, Inglaterra, Italia, Suiza, Estados Unidos, Canadá, Japón y otros.
Aguacate	Canadá, Estados Unidos, Japón, Suiza y otros.
Frutas frescas	Alemania, Francia, Holanda, Inglaterra, Suiza, Estados Unidos, Canadá y Japón.
Frutas deshidratadas	Alemania, Holanda, Inglaterra, Suiza, Estados Unidos y Canadá.
Hortalizas	Alemania, Francia, Estados Unidos y Canadá.
Hierbas	Estados Unidos y Canadá.

En el marco institucional, aunque se está trabajando en el establecimiento de un marco regulatorio completo, cinco años después de haberse publicado la Ley de Productos Orgánicos, aún no se tiene la publicación de los lineamientos específicos para cada subsector (apicultura, agricultura, acuicultura), lo que hace que los productores mantengan en uso las normas internacionales y se certifiquen de forma privada para continuar la comercialización de sus productos.

Sumado a lo anterior, las instituciones conocen poco sobre este tipo de agricultura, lo que limita que se le apoye y se reconozcan todas sus bondades. Caso contrario, en algunas zonas de producción orgánica son las instituciones las que desmotivan la producción, al ofrecer apoyos a los productos o subsidios de insumos de síntesis química.

¿QUÉ HA HECHO EL ESTADO MEXICANO PARA EL FOMENTO DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA?

México ha avanzado lentamente en el apoyo de la agricultura orgánica. Actualmente cuenta con una Ley de Productos Orgánicos que entró en vigor en febrero de 2006; posteriormente, en abril de 2010 se expidió su reglamento.

En septiembre de 2007 se instaló el Consejo Nacional de Producción Orgánica (CNPO), por mandato de la Ley de Productos Orgánicos, como órgano de consulta, e integrado por productores, procesadores, comercializadores, y organismos de certificación orgánica; además de representantes de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Procuraduría Federal del Consumidor, Secretaría de Salud, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y la Secretaría de Economía e instituciones de investigación.

Durante 2009 y principios de 2010, en un convenio firmado por SENASICA y la Universidad Autónoma Chapingo, se realizó un proceso de consulta a través de distintos talleres con expertos en la materia para la elaboración de los Lineamientos Técnicos para la Operación Orgánica Agropecuaria, del Sistema de Control Interno (SCI) para Grupos de Pequeños Productores, de

las Guías de Apoyo a la Producción Orgánica (frutales y hortalizas), así como otros temas de producción de cultivos, praderas y abonos orgánicos, manejo de plagas y enfermedades, entre otros (www.ciidri.com.mx). Con estos se pretende proporcionar herramientas de trabajo que faciliten el desarrollo de los lineamientos normativos específicos para cada subsector dentro de la agricultura orgánica, los cuales hacen falta de reglamentarse.

Durante la Quinta Reunión Ordinaria del Consejo Nacional de Producción Orgánica (CNPO), el 28 de octubre de 2010, el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) rindió un informe sobre la inversión inducida hacia el sector de orgánicos, que ascendió a 65.6 millones de pesos, que benefició a 11 mil 719 productores; estos recursos públicos estimularon a los productores a invertir casi 86 millones de pesos en sus agronegocios, logrando detonar en conjunto una producción con valor superior a 158.9 millones de pesos.

En la sesión de marzo de 2011, el Consejo Nacional de Producción Orgánica aprobó que se trabajará un Programa Nacional de Fomento y Apoyo a la Agricultura Orgánica, y se espera que esto pueda seguirse discutiendo en el 2012.

CONCLUSIONES

- El mercado de los productos orgánicos ha crecido de forma exponencial en los últimos 20 años, pues cada día hay más interés por la salud y la protección del ambiente por parte de los consumidores.

- La agricultura orgánica mexicana está ligada a la demanda externa de alimentos ecológicos, estando en un segundo plano el crecimiento del mercado interno.

- El sector orgánico en el país cubre más de 380 mil hectáreas, 129 mil productores, genera 172 mil empleos permanentes, y 394 millones de dólares en divisas. Está vinculado con la geografía de la pobreza, la diversidad biológica y étnica del país, pues se localiza principalmente en el sur-sureste, donde 99.9% del total de productores que poseen menos de 3 hectáreas, y pertenecen a alguna etnia indígena (88%), de los cuales 35% son mujeres y están al frente de las parcelas orgánicas.

- La agricultura orgánica es de las pocas opciones que el grueso de los expertos han encontrado para contribuir en forma importante a la solución de los grandes problemas mundiales y nacionales, como el cambio climático, el hambre, la pobreza, la seguridad alimentaria familiar, la migración, el desempleo, y el subdesarrollo. Por lo que en México se presenta una oportunidad para que el Estado catalice muchas de las bondades de esta agricultura, y se apoye una forma de producción que aseguraría mejores condiciones de vida para los agricultores y la sociedad mexicana en general.

BIBLIOGRAFÍA

De la Cruz Abarca C. E. 2008. Más allá del mercado: el desarrollo de un Sistema Participativo de Garantía en Andalucía. En: LEISA volumen 24. Núm. 1. Junio, Lima, Perú. pp. 22-23.

De la Cruz Robles. Sergio. 2008. Regulación y normatividad de la agricultura orgánica en México y el Mundo. Tesis de licenciatura. Ingeniería en agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.

Diario Oficial de la Federación, 2006. Ley de Productos Orgánicos. Disponible electrónicamente en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPO.pdf>.

FiBL-IFOAM, 2011. The world of organic agriculture: statistics & emerging trends 2011. FiBL and IFOAM. Germany. 283p.

Gómez Cruz, Manuel Ángel, et. al, (Coords), 2003. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en América Latina. CIESTAAM y AUNA-Cuba, Chapingo, Estado de México, México, 291p.

Gómez Cruz, Manuel Ángel, et. al. 2010. Agricultura, apicultura y ganadería orgánica de México 2009. Estado Actual -Retos- Tendencias. UACH - CIIDRI - Conacyt. México, D.F., 2010, 110p.

Gómez Tovar Laura, 2006. La certificación participativa: regresando a los principios de la agricultura orgánica. En: Memoria del IV Seminario Internacional de Agroecología. Depto. de Agroecología, UACH, 2006.

Gómez Tovar Laura y Manuel A. Gómez Cruz, 2008. The organic farming sector in Mexico: an example of resistance to globalization. In: NAFTA and the Campesinos. The impact of NAFTA on small-scale agricultural producers in Mexico and the prospects for change. University of Scraton Press, Chicago, USA, 2008, pp. 129-149.

Gómez Tovar Laura, Gómez Cruz Manuel A. y Rita Schwentesius, 2001. Desafíos de la agricultura orgánica. Comercialización y certificación. Editorial Mundiprensa. UACH-Tercera Edición, CIESTAAM. México, D.F. 224p.

Gómez Tovar Laura, Gómez Cruz Manuel A., Schwentesius Rita y Erin Nelson. 2007. La certificación participativa: propiciando un movimiento local de producción y consumo orgánico. En: Manual del Curso de Inspectores IOIA, Oaxaca, Oax. 21p.

IFOAM.2009. La agricultura orgánica y la salud humana. Bonn, Alemania. Disponible electrónicamente en: www.ifoam.org

IFOAM. 2007. Participatory guarantee systems: shared vision, shared ideals. participatory guarantee systems Working Group. Bonn, Alemania, Disponible electrónicamente en: <http://www.ifoam.org>

IFOAM. 2007. Sistemas de garantía participativos. Estudios de caso de India, Nueva Zelandia, Brasil y Estados Unidos. Bonn, Alemania. 70p. Disponible electrónicamente En: <http://www.mercadosorganicos.org.mx/files/libro%20sobre%20casos%20de%20estudio%20SPGs.pdf>.

Lernoud y Fonseca, 2004. Memoria del Taller Internacional de Certificación Alternativa para la Producción Orgánica, organizado por IFOAM del 13 al 17 de abril, 2004 en Torres, Brasil.

Meirelles, Laercio, 2003. La Certificación de productos orgánicos – encuentros y desencuentros. Centro Ecológico Ipe. Brasil.

Nelson Erin, Gómez Tovar Laura, Schwentesius Rita y Manuel A. Gómez Cruz, 2009. Participatory organic certification in Mexico: an alternative approach to maintaining the integrity of the organic label. In: Agricultural Human Values. USA, March, 11p.

Nelson Erin, Schwentesius Rindermann Rita, Gómez Tovar Laura y Manuel A. Gómez Cruz, 2008. Experiencias de la Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos. El nacimiento de un movimiento orgánico local en México. En: Agroentorno, junio, Veracruz, Ver., pp. 24-25. Disponible electrónicamente en: <http://www.funprover.org/agroentorno/junio/definicion.pdf>

Nelson Erin, Schwentesius Rindermann Rita, Gómez Tovar Laura y Manuel A. Gómez Cruz, 2008. Un movimiento orgánico local que crece: La Red Mexicana de Mercados Orgánicos. En: LEISA volumen 24. Núm. 1. Junio, Lima, Perú. pp. 18-21.

Nelson Erin, Schwentesius Rindermann Rita, Gómez Tovar Laura y Manuel A. Gómez Cruz, 2008. Growing a local organic movement. The mexican network of organic markets. In: LEISA, volumen 24, No. 1, March, 2008, Netherlands, pp. 24-27.

Perea Ernesto, 2011. Trasnacionales y programas sociales distorsionan realidad en la zona mixe de Oaxaca. En: La Imagen Agropecuaria. 28 de marzo, 2011. En: http://imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_sec=33&id_art=1354&id_ejemplar=1.

Ortiz Uribe Frida Gisela y María del Pilar García Nieto, 2006. Metodología de la investigación: el proceso y sus técnicas. LIMUSA. México, D.F. 179p.

Renner, T. 2008. Sistema de garantía participativa ofrecen certificación alternativa. En: LEISA volumen 24. Núm. 1. Junio, Lima, Perú. pp. 17.

UNEP, 2011. Towards a green economy. Pathways to sustainable development and poverty eradication. A synthesis for policy makers. In: <http://www.unep.org/greeneconomy>.

Willer, H. and Kilcher, L. 2010. The World of Organic Agriculture: Statistics & Emerging Trends 2010. FiBL and IFOAM. Germany. 199p.

Willer, H. and Kilcher, L. 2009. The World of Organic Agriculture: Statistics & Emerging Trends 2009. FiBL and IFOAM. Germany. 239p.

Fertilizantes orgánicos en la producción y calidad de tomate en invernadero

Juan Martín Parra Delgado*

Blas Galván Piña*

Teresa de J. Velázquez Alcaraz*

Rogelio Cruz López*

Dolores Muy Rangel**

Werner Rubio Carrasco**

Laura E. Contreras Angulo**

Ismael Bello***

INTRODUCCIÓN

El deterioro de la tierra, también conocido como desertificación, es el problema ecológico contemporáneo de mayor importancia en los países en desarrollo. La intensificación agrícola tiene como resultado el aumento de la erosión del suelo, la baja fertilidad, la reducción de la biodiversidad, la contaminación de las aguas subterráneas, la eutrofización¹ de ríos y lagos, y muchas consecuencias negativas globales, incluyendo los impactos en los componentes de la atmósfera y el clima.

La agricultura ha desempeñado un papel importante en la degradación del suelo, a través de la deforestación, el riego, y la difusión de fertilizantes y plaguicidas químicos, entre otros factores. El uso excesivo de fertilizantes en hortalizas (principalmente en tomate) y granos, ha provocado un deterioro significativo en los suelos, mermas en la calidad de cosechas y contaminación del ambiente.

Los suelos ya no responden a las altas dosis de fertilización, y los rendimientos tienden a disminuir o a mantenerse (en el mejor de los casos). Además, las cuencas de Sinaloa están contaminadas con nitrógeno y fósforo (178 mil 438 y 9 mil 890 toneladas anuales, respectivamente), fenómeno que se reproduce en las cuencas de muchos países.

El éxito inicial del abono mineral tuvo lugar sobre suelos bien provistos

*Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

**Centro de Investigación, Alimentación y Desarrollo, A.C.

***Director de Agrobelt Internacional.

1 En ecología el término eutrofización designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. Eutrofizado es aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes.

de humus, pero entre mayores fueron las cosechas, más grande era la demanda de materia orgánica para soporte de la vida microbiana fundamental, para el desarrollo de las plantas, y para mantener el equilibrio mineral o biológico del suelo.

La materia orgánica es un componente profundamente interrelacionado con los procesos biológicos, químicos y físicos del suelo, y cumple una amplia gama de funciones. En Sinaloa esto se ha convertido en un problema al cual hay que poner atención inmediata, ya que los suelos contienen menos de 1% de materia orgánica.

En la agricultura moderna e intensiva, la tendencia es emplear cantidades reducidas de fertilizantes minerales, complementándolas con el uso de biofertilizantes², cuyos procesos microbiológicos no contaminan el ambiente.

Actualmente se busca el manejo de una agricultura más sustentable, que permita disminuir los efectos nocivos de los excesos de fuentes de nutrientes utilizados en la producción de tomate. Este cambio se debe a la preocupación sobre los productos agrícolas que afectan la salud humana, actuando como agentes tóxicos y carcinógenos (que producen cáncer).

Debido al mal manejo que se ha hecho de los fertilizantes químicos, es necesario adoptar alternativas tecnológicas que mantengan y recuperen la capacidad productiva de la tierra, y que se preserven los recursos naturales y el ambiente.

Una opción para enfrentar esta problemática es remineralizar los suelos, adicionando materiales amorfos ricos en silicio (MPASi), materia orgánica e incrementar la biodiversidad microbiana.

Buscando proteger los suelos sinaloenses, este trabajo de investigación muestra los resultados en el cultivo y producción de tomate, combinando materia orgánica y MPASi (Figura 1) consorcio microbiano (Figura 2).



Figura 1. Manejo de materia orgánica y minerales primarios amorfos en suelo.

² Biofertilizante: se le denomina biofertilizante a los microorganismos del suelo que se asocian directa o indirectamente al sistema radical de las plantas para favorecer la nutrición de éstas mediante la fijación de nitrógeno, absorción de fósforo y agua.

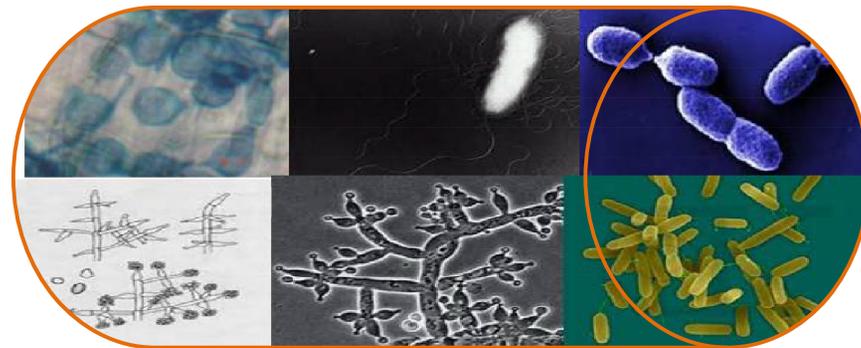


Figura 2. Consorcio microbiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Se empleó tomate saladette variedad Cuauhtemoc, de crecimiento indeterminado, cultivado en un suelo vertisol (barrial), con una densidad de población de 3.12 plantas por metro cuadrado (m²).

Se emplearon cuatro tratamientos: T1: fertilización química (testigo); T2: 3 toneladas por hectárea de MPASi + 10 toneladas por hectárea de materia orgánica en el suelo, supermagro 2% en cada riego; T3: 6 toneladas por hectárea de MPASi + 20 toneladas de materia orgánica, y supermagro 4% en cada riego; y T4: 4.5 toneladas por hectárea de MPASi + 15 toneladas por hectárea de materia orgánica en el suelo, y aplicación quincenal de microorganismos (*Bacillus stearothersophilus* y *Trichoderma harzianum*). Cada tratamiento consistió en dos camas de 11 metros, con una separación entre camas de 1.6 metros, formando cuatro repeticiones de 5.5 metros.

Las variables de estudio fueron:

- Rendimiento: constituyó de 17 cortes, y la producción se clasificó con los criterios de calidad de exportación.
- Calidad en relación al contenido de minerales en los frutos de tomate.

Para la primera variable (rendimiento) se empleó un diseño completamente aleatorio, con ocho repeticiones. El análisis de varianza³ para rendimiento se realizó con el programa SAS⁴ (1998), y las comparaciones múltiples de medias con la prueba de Tukey⁵ ($\alpha = 0.05$).

³ Varianza: en estadística, es la media de las desviaciones cuadráticas de una variable aleatoria, referidas al valor medio de esta. En teoría de probabilidad, la varianza de una variable aleatoria es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.

⁴ Sistema de análisis estadístico (SAS, por sus siglas en inglés).

⁵ Prueba de Tukey: es una prueba estadística utilizada para encontrar qué medios son perceptiblemente diferentes a partir del uno otro.

Para evaluar la calidad mineral de frutos de tomate, se consideraron: cobre (Cu), hierro (Fe), calcio (Ca), manganeso (Mn), zinc (Zn), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na). Los minerales se determinaron por medio de un espectrofotómetro⁶ de absorción atómica (Varian modelo SpectrAA-220, Japón), donde el calcio, magnesio, manganeso, hierro, cobre y zinc, se midieron mediante lámparas de diferentes longitudes de onda; el sodio y el potasio fueron medidos por emisión de flama [método 955.06, Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC, por sus siglas en inglés), 1998].

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se observa que en el rendimiento de tomate para exportación tamaño extragrande, destacan los frutos que recibieron el tratamiento 2, con una producción de 9.186 toneladas por hectárea; donde se aplicaron los tratamientos 1, 3 y 4, los resultados fueron estadísticamente similares, con 3.150, 4.150 y 3.76 toneladas por hectárea, respectivamente.

Similarmente, en la producción de tomates grandes, los frutos del tratamiento 2 presentaron 22.27 t/ha; mientras que los que recibieron el tratamiento 1, 3 y 4, produjeron 11.52, 14.63 y 11.52 t/ha, respectivamente. Para este tamaño de frutos no se observó diferencia significativa en los tomates de T2 y T3.

Respecto a los frutos de tamaños mediano y chico, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados.

De acuerdo con lo reportado por los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2007), los rendimientos de tomate pueden variar desde 40 a 140 t/ha en campo abierto, y en invernadero de 12 a 15 y de 14 a 17 kilogramos por metro cuadrado (kg/m²).

Los datos anteriores concuerdan con los resultados de rendimiento de la presente investigación, ya que la producción máxima de tomate registrada fue de 110.10 t/ha, correspondiente a los frutos donde se aplicó el tratamiento 2 (orgánico); y el menor produjo 83.19 t/ha (químico), no encontrando diferencias estadísticas entre ambos valores.

Esto refleja que existe potencial para igualar el rendimiento indicado anteriormente, y que los fertilizantes orgánicos empleados en esta investigación impactaron en la nutrición y rendimiento de tomate, con la ventaja de lograr una producción de tomates de mayor tamaño.

Cruz-Lázaro y colaboradores (2010), señalan que al evaluar diferentes sustratos orgánicos en tomate se logró una producción de 57.375 t/ha, empleando una combinación de vermicomposta de estiércol de ganado vacuno + rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) + tierra negra (VEMT) en una proporción de 75 y 25 % de VEMT y arena; el testigo (químico) arrojó un rendimiento de 61.1488 t/ha.

Mendoza Netzahual (2003) al aplicar 1.93 kg/m² de gallinaza, obtuvo un rendimiento de 13.26 kg/m².

⁶ Espectrofotómetro: aparato para comparar la intensidad de los colores.

Cuadro 1. Efecto de tratamientos orgánicos contra tratamiento químico, en rendimiento (t/ha) de tomate tipo saladette para exportación. Valle de Culiacán, Sinaloa. Ciclo agrícola 2010-2011.

Tratamientos	En toneladas por hectárea (t/ha)				
	Extragrandes	Grandes	Medianos	Chicos	Total
Fertilización química (testigo)	3.15 B	11.52 B	32.41 A	36.12 A	83.19 A
MPASi 3 t/ha + 10 t/ha de materia orgánica (suelo) + supermagro 2% (riego)	9.18 A	22.27 A	41.46 A	37.20 A	110.10 A
MPASi 6 t/ha + 20 t/ha de materia orgánica + supermagro 4 % (riego)	4.15 A B	14.63 AB	39.88 A	40.12 A	98.78 A
MPASi 4.5 t/ha + 15 t/ha de materia orgánica + microorganismos	3.76 A B	11.51 B	36.67 A	37.16 A	89.11 A
Valor de Tukey	5.4628	10.079	16.745	12.493	28.516

Moreno y colaboradores (2005), al evaluar vermicomposta y arena como sustratos en la producción de tomate, obtuvieron rendimientos similares a los obtenidos con el tratamiento químico, el cual produjo de 12.42 ± 2.3 kg/m².

Con base en los resultados obtenidos es posible lograr producciones similares de tomate, empleando compostas o vermicompostas de diferente naturaleza a las que se obtienen a través del tratamiento convencional.

De manera general, el contenido de minerales en todos los frutos de tomate fue estadísticamente igual, con excepción del calcio cuantificado en los frutos testigo (Cuadro 2).

Sin embargo, en la sumatoria total de los minerales no se encontró diferencia significativa entre los frutos, donde los tomates testigo presentaron el mayor contenido, con 1913 partes por millón (ppm) [191.3 miligramos por cada 100 gramos (mg/100 g)]; y el menor fue en los T2, con 1628 ppm (162.8 mg/100 g).

Esto indica que con el uso de materia orgánica y microorganismos, se logran producir tomates con similar contenido de minerales a los cultivados de manera comercial.

Cuadro 2. Contenido de minerales en frutos de tomate Saladette con fertilización orgánica y química. Ciclo agrícola 2010-2011.

Tratamientos	Minerales (partes por millón)							
	Cobre	Hierro	Calcio	Magnesio	Zinc	Manganeso	Potasio	Sodio
Fertilización química (testigo)	0.50 A	8.23 A	251.98 A	95.69 A	2.61 A	1.13 A	1236.17 A	316.98 A
MPAsi 3 t/ha + 10 t/ha de materia orgánica (suelo) + supermagro 2% (riego)	0.53 A	7.59 A	174.35 B	76.75 A	2.55 A	0.32 A	1103.11 A	263.66 A
MPAsi 6 t/ha + 20 t/ha de materia orgánica + Supermagro 4% (riego)	0.81 A	6.83 A	198.38AB	82.56 A	3.07 A	0.20 A	1243.94 A	293.94 A
MPAsi 4.5 t/ha + 15 t/ha de materia orgánica + microorganismos	0.93 A	7.53 A	238.64AB	86.75 A	3.47 A	0.56 A	1152.38 A	326.29 A
Valor de Tukey	0.54	5.63	67.707	34.03	1.05	1.09	311.38	243.13

Cabe señalar que es importante estudiar si la diferencia de calcio en los frutos del T2 con respecto al resto de los tomates, pueda afectar su firmeza y vida de anaquel.

Hernández y colaboradores (2005), reportan para tomate un contenido de potasio, calcio, hierro, sodio y magnesio, de 2 mil 500, 30-50, 1.5, 130-150, 80 mg/kg (ppm), respectivamente; al comparar estos resultados, con este estudio, los tomates son más ricos en calcio, hierro y sodio.

Genariu y colaboradores (2008), para híbridos de tomate cultivados en invernadero en sustratos orgánicos, reportan valores de manganeso y zinc, de 1 y 1.3 mg/kg, respectivamente. En manganeso esto es similar a lo cuantificado en los tomates testigo, y mayor que el valor de los frutos con T2, T3 y T4. En cuanto al contenido de zinc, es mayor en los tomates de este estudio (los valores de zinc se pueden relacionar con la calidad del tamaño de los tomates).

En el análisis nutrimental, relacionado con el contenido de minerales, se reporta una ingesta diaria de calcio, hierro, magnesio y zinc, de 800, 15, 248 y 10 miligramos por día (NOM-051-SCFI/SSA1-2010); en promedio, 100 gramos de tomate fresco ofrecen una ingesta diaria de 2.6% de calcio, 4.6% de hierro, 3.4% de magnesio y 3% de zinc.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de materiales amorfos ricos en silicio, más materia orgánica, en el cultivo, se logró el mayor volumen tomates saladette de tamaño extragrande, superando a los tratados con químico comercial.

2. En relación a la producción total, donde también se aplicaron materiales amorfos ricos en silicio, más materia orgánica, se obtuvo la mayor producción, aun cuando no se presentaron diferencias estadísticas.

3. El contenido de minerales en los frutos de tomate producidos con sustratos orgánicos fue similar a los cultivados con el tratamiento químico.

4. Es factible el uso de sustratos orgánicos para producir frutos de tomate de buena calidad en función al tamaño y contenido de minerales.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC, 1998. Official methods of analysis. 16th Edition. CD-room. William S., Ed. Published by Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.

Alarcón, A. y Ferrera R. 2000. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Editorial Mundi-prensa S. A. de C. V. México p. 5.

Moreno, Reséndez Alejandro, María Teresa Valdés Perezgasga y Tito Zárate López, 2005. Development of tomatoes in substrates of vermicompost/sand under greenhouse conditions. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(1):26-34.

Cadahia, C. 2000. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. 2ª. Ed. Revisada p. 37.

Capulín Grande, Juan, Núñez Escobar, Roberto, Sánchez García, Prometeo, Martínez Garza, Ángel y Soto Hernández, Marcos, 2005. Tomato production with liquid extract of cattle manure, acidulated with organic and inorganic acids. *Terra Latinoamericana* 23 (2): 241-247.

Canariu, Diana, Alexandru Silviu Apahidean, Maria Apahidean, Rodica Sima, 2008. Mineral content of two greenhouse tomato hybrids. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Mănăstur. Bulletin UASVM, Horticulture 65(1).

Dibut, A. B. 2005. Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. Humiworm. INIFAT. Impreso en México. p. 88.

Duarte, R. 1990. Contribución del representante y jefe de la misión diplomática de la FAO en México al Primer Simposium Nacional sobre Degradación de Suelos. pp. 97-103. En: Memorias del Simposium. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Ediciones Mundi-Prensa. España. p. 37.

Cruz Lázaro, Efrain, Rodolfo Osorio Osorio, Eusebio Martínez Moreno, Alejandro J. Lozano del Río, Armando Gómez Vázquez y Rufo Sánchez Hernández, 2010. Use of composts and vermicomposts for the organic production of tomato in greenhouses. *Interciencia*: Vol. 35 (No.5).

Espinoza Olivera, R. 2006. La agricultura moderna sus retos, cambios y perspectivas. Universidad Autónoma de Sinaloa. ISBN: 968-6063-81-1.

FIRA, 2007. Rentabilidad y costos de cultivo de tomate en Sinaloa. Ciclo otoño-invierno, 2007-2008.

Hernández, M., Ríos D., Rodríguez E., Díaz C. 2005, Chemical composition of cultivar of tomatoes resistant and non resistant against the tomato yellow leaf curl virus (TYLCV). *EJEAFChE* 4(5):1049-1054.

Mendoza Netzahual, Hugo, José C. Carrillo Rodríguez, Catarino Perales Segovia, Jaime Ruiz Vega, 2003. Evaluation of organic fertilization sources in greenhouse tomato in Oaxaca, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* Núm. 70 p.30-35, 2003. Impreso en México. p. 88.

Novella, L.R. y Medina B.N. 2001. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento, la nutrición

y la producción de tomate en un suelo Ferralsol desaturado. Tesis de maestría en Ciencias en Nutrición de Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.

Páez, O. F. 2007. Contaminación por nitrógeno y fósforo en Sinaloa: flujos, fuentes, efectos y opciones de manejo. Serie lagunas costeras de Sinaloa 2. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de Sinaloa. P. 140.

Quero, E. 2007. Remineralización de suelos con materiales ricos en Silicio MPAsi. División de investigación, Instituto tecnológico Superior de Uruapan. Michoacán. *deRiego: Protección y nutrición de hortalizas y frutas.* Año 6, núm. 30: 18-22

SAS, 1998. Paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12. Edition Cary N.C. United States of America.

Supradip, Saha, 2010. Sociology, organic farming, climate change and soil science. Soil functions and diversity in organic and conventional farming. *Sustainable Agriculture Reviews*.

Trasar, M. C., Leirós, M. C., Gil, F. 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic Oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, Spain): specific parameters. *Soil, Biology & Biochemistry* No. 32: 747-755.

Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plántulas según Russell. Ediciones Mundi-prensa Madrid, España, p. 581.

United States Department of Agriculture (USDA), 1992. Standards for grades of fresh tomatoes. Washington D.C., USA.

Manejo 4M-Más en el cultivo del maíz

Edgar Quero Gutiérrez*

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MAÍZ

La producción mundial de grano de maíz en los últimos cuatro años ha superado 800 millones de toneladas, aunque la tendencia en la producción parece estancarse, como se muestra en el Cuadro 1, el cual indica la presencia de factores que limitan el desarrollo productivo y sustentable del cultivo: agua, clima, degradación de los suelos, falta de conocimientos de frontera sobre genética, fisiología, nutrición de la planta y su relación con ciclos biogeoquímicos y climáticos. Factores que permiten establecer un manejo sustentable del cultivo a largo plazo, sin deterioro biológico y económico.

El volumen de la producción mundial indica la gran adaptación del cultivo en las diferentes regiones agrícolas del mundo, siendo su producción variable entre 0.5 y 25 toneladas por hectárea (t/ha), con un manejo de la nutrición, adaptación a tipos de suelo y sistemas hídricos también muy variables.

Parece que esta amplia adaptación y el desarrollo sustentable del cultivo de maíz, están relacionados con la ocurrencia de dos procesos: el primero se presenta en el suelo, con la disolución biogeoquímica del silicio (Si); y el segundo con la asimilación radicular del silicio soluble en la forma de ácido ortosilícico (H_4SiO_4) y sus sales de silicatos¹, que apoyados por proteínas específicas localizadas en la membrana celular ayudan al transporte y distribución de agua (H_2O) y cationes² K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ,

*El Colegio de Michoacán, A.C..

1 Los silicatos son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen más de 95% de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno.

2 Un catión es un ion (sea átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, es decir, ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo.

Cuadro 1. Producción mundial de maíz (*Zea mays*) en el periodo 2000-2011, en millones de toneladas métricas.

E. U.	251.9	241.4	227.8	256.2	299.9	282.3	267.5	331.2	307.1	332.5	316.2	313.9
China	106.2	114.3	121.5	116.0	130.4	139.5	151.7	152.4	166.0	164.1	177.5	191.8
Brasil	31.9	42.0	35.9	48.3	41.8	35.1	42.7	52.1	58.9	50.7	56.1	61.0
México	17.6	20.1	19.3	20.7	21.7	19.3	21.9	23.5	24.3	20.1	23.3	20.5
Argentina	16.8	15.4	14.7	15.0	15.0	20.5	14.4	21.8	22.0	13.1	22.7	26.0
Indonesia	9.7	9.3	9.6	10.9	11.2	12.5	11.6	13.3	16.3	17.6	18.4	8.1
India	12.0	13.2	11.2	15.0	14.2	14.7	15.1	19.0	19.7	16.7	14.1	21.0
Francia	16.0	16.4	16.4	12.0	16.4	13.7	12.8	14.4	15.8	15.3	14.0	
Sudáfrica	11.4	7.8	10.1	9.7	9.7	11.7	6.9	7.1	12.7	12.1	12.8	12.5
Ucrania	3.8	3.6	4.2	6.9	8.9	7.2	6.4	7.4	11.4	10.5	12.0	
Canadá	7.0	8.4	9.0	9.6	8.8	9.3	9.0	11.6	10.6	9.6	11.7	10.7
Rumania	4.9	9.1	8.4	9.6	14.5	10.4	9.0	3.9	7.8	8.0	9.0	
Otros	103.4	114.6	116.8	115.3	136.5	137.4	137.8	132.1	154.6	148.7	155.5	81.7
Total	592.5	615.5	604.9	645.2	729.0	713.6	706.8	789.8	827.5	819.0	843.2	845.5

Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , y seguramente también de sustancias orgánicas; una vez que el H_4SiO_4 llega a la epidermis del tejido foliar, apoyado por el H_2O de transpiración, forma estructuras cristalinas sólidas, llamados fitolitos³ o cuerpos $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, que recubren la epidermis y extensiones celulares de la epidermis foliar, conocidas como tricomas.

Mediante el análisis de tejido foliar con espectrómetros⁴ de rayos X^5 (dispersión y fluorescencia) acoplados a microscopía electrónica de barrido, se ha demostrado que con diferentes formas químicas el silicio recubre 90% de la epidermis foliar, a este proceso de biomineralización con silicio se le llama biosilificación, el cual hasta hoy es escasamente estudiado.

EL FLUJO DEL SILICIO EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

La corteza terrestre está compuesta por estructuras cristalinas con una composición química promedio de: oxígeno 55%, silicio 25%, aluminio 5%, hierro 5%, calcio 2%, magnesio 2%, potasio 2%, sodio 1%, y otros elementos en menor concentración. Estas estructuras muestran disolución cuando se ejerce energía de disociación (entalpía) sobre las moléculas de los minerales primarios por acción física, química o biológica.

Hay moléculas que tienen una alta solubilidad, por lo que su energía de disolución es pequeña, como el caso del ácido acético [0.360 kilojulios por mol (kJ/mol)] y el cloruro de sodio (3.89 kJ/mol); mientras que para remover cationes de las estructuras cristalinas, se requiere de Na-O 270, K-O 271.5, Mg-O 358.2, Mn-O 362, Ca-O 383.3, Fe-O 407, Al-O 501, Ti-O 688 y Si-O⁶ 99.6, todos en kJ/mol.

Como se observa, se necesita 300 veces más energía para disolver el silicio que el potasio. Por otro lado, se sabe que las plantas ocupan silicio para su crecimiento y productividad, de 2 a 10 % de su peso seco. Ello significa una gran inversión de energía para el desarrollo sustentable de la agricultura.

El cuantificar con SEM-EDS/XRF la movilización de silicio de los minerales del suelo a los tejidos vegetales, permite establecer parámetros para el desarrollo sustentable del maíz, mediante el manejo 4M-Más.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL MAÍZ (VER FIGURA 1)

El maíz (*Zea mays*), es una planta de porte robusto y de hábito anual. El tallo (3) tiene la función de almacenamiento y transporte de reservas

3 Un fitolito es una biomineralización de origen vegetal. Una biomineralización es la precipitación de un mineral resultante del metabolismo de un organismo vivo, es decir, de su actividad celular. Es un proceso vital por el cual los organismos ganan en estructura y masa.

4 El espectrómetro, o espectrógrafo, es un aparato capaz de analizar el espectro característico de un movimiento ondulatorio. Se aplica a variados instrumentos que operan sobre un amplio campo de longitudes de onda.

5 La denominación rayos X designa a una radiación electromagnética, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos y de imprimir las películas fotográficas.

6 Na: sodio; O: oxígeno; Mg: magnesio; Mn: manganeso; Ca: calcio; Fe: hierro; Ti: titanio.

de carbohidratos, minerales y agua, es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de uno a cinco metros, con pocos macollos o ramificaciones, su aspecto recuerda al de una caña de azúcar por la presencia de nudos y entrenudos y su médula esponjosa.

Las hojas (2), donde se desarrolla la actividad fotosintética C4, con una anatomía tipo Kranz⁷, nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable.

Las raíces (4) asimilan agua y nutrientes de manera selectiva, las primarias son fibrosas, presentando también raíces adventicias que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, y ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta.

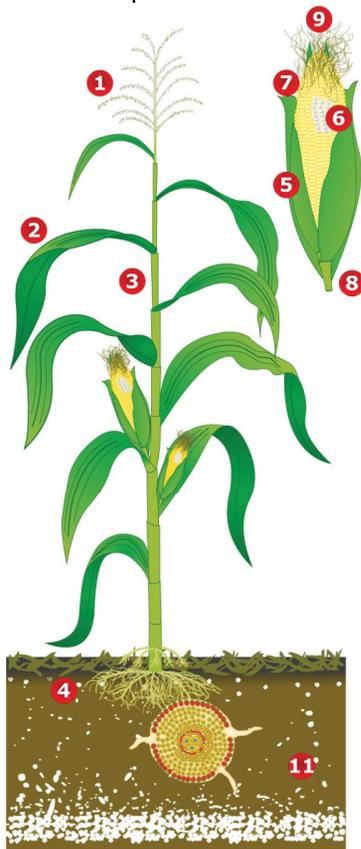


Figura 1. Partes de la planta de maíz.

7 Anatomía tipo Kranz: disposición en forma de corona de las células del mesófilo (tejido que se encuentra entre las epidermis del haz y del envés de las hojas) alrededor de una capa de grandes células de la vaina vascular formando dos capas concéntricas alrededor del haz vascular, típico de las plantas C4.

Es una planta monoica⁸ de flores unisexuales, que presenta flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta; la inflorescencia masculina (1) es terminal, se conoce como panícula⁹ (o espiga), y consta de un eje central o raquis¹⁰ y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas¹¹ o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas (que tienen estambres); en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen. La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y anteras¹², que pueden ser de coloración verde, amarilla, rojiza o morada.

Las inflorescencias femeninas, comúnmente conocidas como mazorcas (5, 6, 7, 8, 9), se localizan en las yemas axilares de las hojas, son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote (6), donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas, una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas; las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo¹³ unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

La inflorescencia femenina (mazorca) puede formar de 400 a 1000 granos (7) arreglados, en promedio, de ocho a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas (5); los estilos largos, saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso, se conocen como pelo de elote (9); el jilote es el elote tierno.

Por las características mencionadas, el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento, la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 metros.

En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide, que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Como cualquier otro cereal, las estructuras que constituyen el grano del maíz (pericarpio¹⁴, endospermo¹⁵ y embrión) le confieren propiedades físicas y químicas (color, textura, tamaño, etc.) que han sido importantes en la selección del grano como alimento.

8 En botánica, se denomina monoicas a las especies en que ambos sexos se presentan en una misma planta.

9 Una panícula o panoja es una inflorescencia compuesta de racimos que van decreciendo de tamaño hacia el ápice.

10 Raquis: nervio medio de las hojas compuestas sobre el que se insertan los foliolos (cada una de las piezas con aspecto de hoja que forman la hoja compuesta).

11 Bráctea: hoja que nace del pedúnculo de las flores de ciertas plantas, y suele diferir de la hoja verdadera por la forma, la consistencia y el color.

12 Antera: parte terminal del estambre de una flor.

13 En botánica se llama pedúnculo, pedicelo o pedicelo, a la ramita o rabillo que sostiene una inflorescencia o un fruto tras su fecundación.

14 Pericarpio: parte exterior del fruto de las plantas, que cubre las semillas.

15 Endosperma: capa más íntima de la semilla, en contacto directo con el embrión, al que tiene la misión de nutrir.

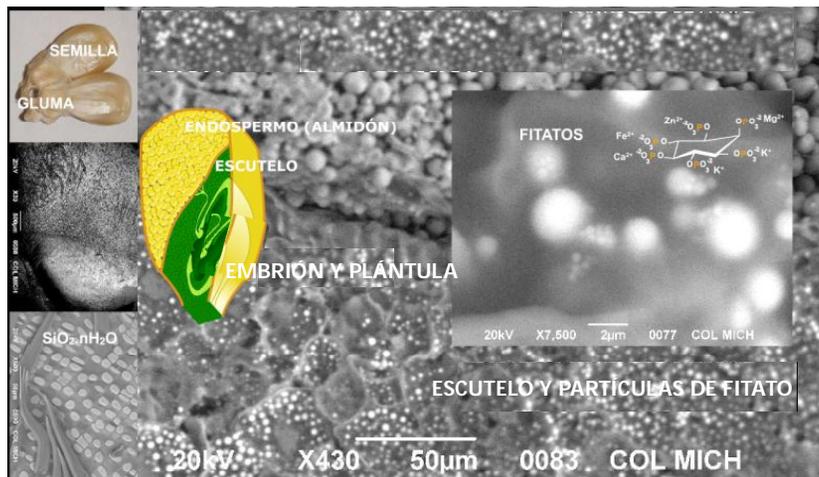


Figura 2. Acumulación de inositol, fósforo, potasio y magnesio en fitatos de escutelo de semilla de maíz.

Semilla o grano (7)

Cada grano de maíz consta de las siguientes partes anatómicas y fisiológicas que resultan ser fundamentales en la producción y volumen de cosecha:

CAPA PROTECTORA O GLUMA

Es la capa que protege al grano, se conoce típicamente como salvado. Está formado principalmente por fibra, con una riqueza mineral compuesta de potasio (4 a 6 %), cuerpos sólidos de silicio ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) formados por el proceso de biosilicificación, y silicio soluble (aproximadamente 15% del peso seco).

ENVOLTURA EXTERNA

Está formada por el pericarpio, mesocarpio¹⁶ o tegumento interno, y el epicarpio (piel de la fruta). Esta envoltura está compuesta por minerales, proteínas, vitaminas y antioxidantes.

ENVOLTURA INTERNA DEL EMBRIÓN (ESCUTELO)

Aquí encontramos una capa de células grandes que envuelven al embrión y forman el tejido del escutelo, que almacenan una gran cantidad de cuerpos de fitatos¹⁷, compuestos por el carbohidrato mio-inositol, el cual

16 En botánica el mesocarpio es la capa intermedia del pericarpio, esto es, la parte del fruto situada entre endocarpio y epicarpio.

17 Fitato: molécula de aplicación terapéutica utilizada como inhibidor de la formación de piedras de riñón cálcicas.

es fosforilado¹⁸ con seis átomos de fósforo (P) y diversas cantidades de potasio (K), magnesio (Mg), hierro (Fe) y zinc (Zn). La concentración de fósforo total en la semilla se encuentra entre 0.4 y 0.6 % (aproximadamente 5 kilogramos de fósforo por tonelada) de peso seco, mientras que la concentración de fitatos varía entre 2.5 a 4.0 gramos por kilogramo de semilla; esto significa que la concentración de fitatos corresponde a alrededor de 70% del fósforo total de la semilla. La buena formación del escutelo permite que la semilla posea mejor peso y densidad, además de que proporciona gran calidad nutritiva, ya que también en estas células se acumulan proteínas como la α -amilasa, proteasas y fosfatasa (nitrógeno proteico), vitaminas y ácidos grasos.

ENDOSPERMO

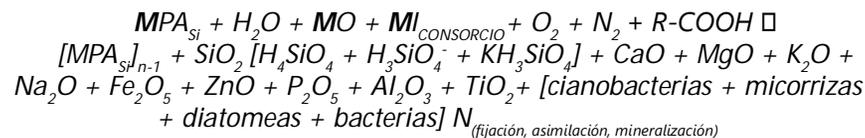
En esta capa se encuentra una gran acumulación de carbohidratos que forman las partículas de almidón del tipo amilosa, que ocupan el mayor volumen de la semilla (aproximadamente 80% del peso).

EMBRIÓN O GERMEN

Ocupa la parte inferior del endospermo y es prácticamente una microplanta compuesta por radícula y plúmula (hoja embrionaria); este tejido está compuesto por proteínas, antioxidantes, minerales y vitaminas.

INNOVACIÓN: CULTIVO SUSTENTABLE DEL MAÍZ CON EL MANEJO 4M-MÁS

El cultivo sustentable del maíz se basa en las relaciones biogeoquímicas siguientes, que son factibles de controlar por las prácticas de manejo del productor:



M₁

Manejo o experiencia del productor, misma que se debe apoyar por actualización y capacitación. Aquí se incluyen todas las actividades relacionadas con el manejo de los ciclos biogeoquímicos del suelo, con el mejor aprovechamiento del ambiente climático y del agua de riego para la disolución de los minerales que el maíz requiere en su nutrición.

M₂

Minerales primarios amorfos ricos en silicio (MPA_{Si}) que componen el

18 La fosforilación es la adición de un grupo fosfato inorgánico a cualquier otra molécula. En el metabolismo, la fosforilación es el mecanismo básico de transporte de energía desde los lugares donde se produce hasta los lugares donde se necesita.

suelo (biotita, alvita, muscovita, etcétera), y su caracterización química en un índice de sustentabilidad del suelo (IASS) o índice de productividad primaria (IPP), el cual se determina considerando toda la composición química elemental y las variables fisicoquímicas del suelo, así como su relación con la composición de un suelo sustentable sin erosión (fresco), con una composición original de minerales primarios ricos en silicio, calcio, potasio, magnesio, cloro, fósforo, sodio, zinc, hierro, aluminio, manganeso, cobre, nitrógeno, titanio y carbono (mineral y orgánico).

El IASS, a través de relaciones estadístico-matemáticas empíricas, permite establecer el manejo tecnológico para la disolución de los minerales que enriquecen la solución del suelo, de la cual las raíces asimilan los nutrientes para el desarrollo del cultivo. También se establece la cantidad de minerales primarios ricos en silicio necesarios para remineralizar de manera sustentable el suelo y revertir el proceso de erosión y mantener el suelo fresco; el valor de referencia de IASS para un suelo productivo y sustentable es de 50%.

El IASS indica también la disponibilidad de silicio soluble en la forma de ácido ortosilícico (H_4SiO_4), el cual activa la disolución del fósforo y del hierro, e incrementa la concentración y disponibilidad de todos los nutrientes en la solución del suelo, además de que forma parte de la movilización de los nutrientes, desde la solución del suelo a la raíz de la planta y también dentro de los tejidos de esta. El silicio soluble no solo es indispensable para el desarrollo de la productividad primaria, microorganismos y plantas.

M₃

Materia orgánica (MO): el carbono orgánico es primordial para la disolución de los minerales primarios ricos en silicio que componen la solución del suelo y para el desarrollo de la flora microbiana que participa en el desarrollo del ciclo biogeoquímico de los nutrientes que los cultivos requieren para su mejor desarrollo. La MO y los microorganismos tienen una función importante como proveedores de sustancias húmicas¹⁹ ricas en carboxilos ($R-COOH$)_n, que mejoran la capacidad de intercambio catiónico del suelo y forman quelatos²⁰ con los minerales solubles, haciéndolos altamente disponibles para las raíces de las plantas. También proveen bióxido de carbono gaseoso y soluble (CO_2/H_2CO_3), el cual es activo para la disolución del suelo. Por ello el enriquecimiento del suelo con MO y la inducción de la descomposición de los esquilmos agrícolas vía la acción microbiana es una alternativa para la disolución permanente de nutrientes contenidos en los MPA_{Si}, durante el desarrollo del cultivo.

¹⁹ Humus: materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales.

²⁰ Quelatación: los quelatos son complejos formados por la unión de un metal y un compuesto que contiene dos o más ligandos potenciales. El proceso de formación del quelato se conoce como quelatación o quelación.

M₄

Microorganismos o consorcio microbiano, integrado por una flora eficiente en la degradación selectiva de la materia orgánica y para disolver, mineralizar, movilizar, transportar y fijar nutrientes para las plantas. También proveen sustancias orgánicas con acción biológica para el desarrollo adecuado de las plantas (precursores químicos de hormonas y biocidas) y suprimir o limitar el desarrollo de organismos patógenos a través de procesos antagónicos y simbióticos y de vida libre. El tipo de microorganismos que se recomienda formen el consorcio microbiano son: *micorrizas*²¹ del género *Glomus*, *Azospirillum* sp., *Azotobacterias*, *Rhizobacterias*, *Cianobacterias*, *Bacillus* sp., *Actinomicetos*, *Diatomeas*, *Beauveria* y *Metarhizium*.

Los valores de referencia establecidos para el manejo 4M-Mas

Los valores de referencia se establecieron con una base mayor a 1500 análisis de suelo, colectados en diferentes zonas agroecológicas, y correlacionados con la producción agrícola.

Valor de referencia para un suelo sustentable

El análisis de la composición elemental del suelo se realizó mediante las técnicas de espectrometría de rayos X, dispersión (EDS) y fluorescencia (XRF) acopladas a un microscopio electrónico de barrido. Los resultados son la concentración total del elemento presente en la muestra sólida (molidas a un tamaño de partícula homogénea de aproximadamente 1 micra) (secado a 40 °C), con un margen de error de 0.5%. Los elementos que no aparecen se encuentran en niveles no aprovechables por los cultivos agrícolas.

Valor de referencia para la materia orgánica sustentable

El análisis de la composición elemental de la materia orgánica se realizó mediante las técnicas de espectrometría de rayos X, dispersión (EDS) y fluorescencia (XRF), acopladas a un microscopio electrónico de barrido. Los resultados son la concentración total del elemento presente en la muestra sólida (molidas a un tamaño de partícula homogénea de aproximadamente 1 micra) y seca (secado a 40 °C), con un margen de error de 0.5%. Los elementos que no aparecen se encuentran en niveles no aprovechables por los cultivos agrícolas.

²¹ La palabra micorriza define la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta.

Cuadro 2. Valores de referencia de suelo. Laboratorio de análisis para el diagnóstico del patrimonio.

Elemento (óxido)		Elemento		Óxido		MB	B	OP	A	MA
		%	cmol _c kg ⁻¹	%	mol kg ⁻¹	MB	B	OP	A	MA
Carbón	C (C)	9.994	332.86	9.994	8.321			XX		
Silicio	Si (SiO ₂)	22.521	320.75	48.180	8.019			XX		
Titanio	Ti (TiO ₂)	0.282	2.36	0.471	0.059			XX		
Aluminio	Al (Al ₂ O ₃)	5.067	56.34	9.574	0.939			XX		
Hierro	Fe (Fe ₂ O ₃)	5.067	18.15	7.245	0.454			XX		
Manganeso	Mn (MnO)	0.071	0.26	0.092	0.013			XX		
Magnesio	Mg (MgO)	1.268	10.43	2.103	0.522			XX		
Calcio	Ca (CaO)	1.690	8.43	2.365	0.422			XX		
Sodio	Na (Na ₂ O)	1.070	4.65	1.442	0.233			XX		
Potasio	K (K ₂ O)	1.690	4.32	2.036	0.216			XX		
Fósforo	P (P ₂ O ₅)	0.310	3.00	0.710	0.050			XX		
Oxígeno	O (O)	50.670	633.41	50.670	31.671			XX		
Azufre	S (S)	0.040	0.25	0.040	0.012			XX		
Nitrógeno	N (NH ₃)	0.282	6.04	0.343	0.201			XX		
Zinc	Zn (ZnO)	0.011	0.03	0.014	0.002			XX		
Cloro	Cl	0.011	0.03	0.011	0.003			XX		
	pH	7.5						XX		
ORP	mV	100.0						XX		
C.E.	DS cm ⁻¹	900.0						XX		
CIC	cmol _c kg ⁻¹	26.89						XX		
IASS	%	50.599						XX		

MB: muy bajo. **B:** bajo. **OP:** óptimo. **A:** alto. **MA:** muy alto. **pH:** concentración de protones H⁺. **C.E.:** conductividad eléctrica. DS cm (para obtener los sólidos totales disueltos de la solución del suelo, multiplicar, C.E. x 0.64= ppm). **OPR:** potencial de óxido reducción, mV. **CIC:** capacidad de intercambio catiónico (cmol_c kg = meq 100 g). **IASS:** índice agrícola de sustentabilidad del suelo (%).

Cuadro 3. Valores de referencia de materia orgánica composteada²². Laboratorio de análisis para el diagnóstico del patrimonio.

Elemento (óxido)	Elemento		Óxido		MB	B	OP	A	MA
	%	cmol _c kg	%	mol kg					
Carbón	17.00	566.19	17.000	14.155			XX		
Silicio	15.00	213.63	32.090	5.341			XX		
Titanio	0.15	1.25	0.250	0.031			XX		
Aluminio	3.50	38.92	6.613	0.649			XX		
Hierro	1.50	5.37	2.145	0.134			XX		
Manganeso	0.100	0.36	0.129	0.018			XX		
Magnesio	0.50	4.11	0.829	0.206			XX		
Calcio	2.50	12.48	3.498	0.624			XX		
Sodio	0.50	2.17	0.674	0.109			XX		
Potasio	1.50	3.84	1.807	0.192			XX		
Fósforo	0.50	4.84	1.146	0.081			XX		
Oxígeno	50.00	625.04	50.000	31.252			XX		
Azufre	1.00	6.24	1.000	0.312			XX		
Nitrógeno	1.50	32.13	1.824	1.071			XX		
Zinc	0.50	1.53	0.622	0.076			XX		
Cloro	0.30	0.85	0.300	0.085			XX		
	7.5						XX		
ORP	100						XX		
C.E.	2000						XX		
CIC	28.85						XX		
IASS	114.116						XX		

²² Composta es la mezcla de materiales orgánicos, de tal manera que fomenten su degradación y descomposición.

Continuación Cuadro 3.

MB: muy bajo. **B:** bajo. **OP:** óptimo. **A:** alto. **MA:** muy alto. **pH:** concentración de protones H⁺. **C.E.:** conductividad eléctrica. \square S cm (para obtener los sólidos totales disueltos de la solución del suelo, multiplicar, C.E. x 0.64= ppm). **OPR:** potencial de óxido reducción, mV. **CIC:** capacidad de intercambio catiónico (cmolc kg= meq 100 g). **IASS:** índice agrícola de sustentabilidad del suelo (%).

MANEJO 4M-MÁS, UN EJEMPLO PRÁCTICO

Este caso práctico se desarrolló en el ciclo agrícola primavera-verano 2011 en la región agrícola de La Piedad, Michoacán. La semilla fue un híbrido comercial, y la superficie tratada fue de 20 hectáreas, con una densidad de 75 mil semillas por hectárea, y se realizaron tres riegos después de la siembra.

1. Las deficiencias de potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro, zinc y silicio, se pueden corregir eficientemente, aplicando minerales primarios amorfos ricos en silicio (MPA_{Si}), con un índice de sustentabilidad (IASS) mayor a 350% se recomienda su análisis. Aplicar generalmente una dosis de 500 kilogramos de MPA_{Si} por hectárea durante tres ciclos agrícolas, y después analizar el suelo nuevamente. Se pueden aplicar 800 kilogramos por hectárea (kg/ha) de MPA_{Si} al voleo en el cultivo de invierno, y para el cultivo de primavera-verano ya no aplicar minerales. Esta recomendación es obligatoria para valores de IASS menores a 5%, mientras que a valores mayores de 20 se recomienda reducir la dosis 30%.

2. Aplicar materia orgánica (MO) en una dosis de 500 kilogramos por hectárea, con materiales que tengan un proceso de compostaje, hasta obtener: 15-20 % de carbón orgánico, IASS no menor a 150%, concentración de sólidos solubles mayor 1.1 gramos por litro (aproximadamente 2 mil \square S cm), y pH (acidez) de 7.5. También aplicar de 5 a 10 litros por hectárea de lixiviados²³ de lombriz o de estiércol de vacuno (biofertilizante líquido rico en humus), con una densidad de 1.26 gramos por litro, conductividad eléctrica mayor 3 mil 500 \square S cm, y pH de 7.5. Otro biofertilizante que es posible aplicar es el conocido como biol, subproducto de la producción de biogás (CH₄).

3. Tratar a las semillas con consorcio microbiano (MI) integrado por micorrizas (*Glomus* sp.), bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp. y *Rhizobium* sp.) con una dosis por saco de semilla; y/o aplicar al suelo fermento de consorcio microbiano preparado a partir de bacterias comerciales o bien por la siguiente preparación: en un recipiente de plástico de 200 litros, mezclar líquido ruminal de res (aproximadamente 35 litros), 10 kilos de melaza, 10 litros de suero de queso o leche, 250 mililitros de aceite de cocinar, una dosis de bacterias comerciales (si se dispone), y agregar agua hasta completar 200 litros, mezclar los productos firmemente, y reposar de 24 a 36 horas (no más tiempo, ya que los

microorganismos se mueren); filtrar el líquido y usar 20 litros por hectárea en el agua de riego y por aspersión, aplicarlo al suelo diluido en el agua requerida (200 a 600 litros por hectárea). Al suelo se pueden aplicar bacterias en cada riego (aproximadamente cuatro aplicaciones).

4. Complementar el manejo 4M-Más, según sea la experiencia local, con fertilización química a la siembra 100 kg/ha de fertilizante nitrogenado (sulfato de amonio o urea), 50 kg/ha de fosfato de diamónico (DAP), 50 kg/ha de cloruro de potasio y 15 kg/ha de azufre agrícola (95%). Como los cultivos de gramíneas requieren de cloro para su nutrición, se recomienda aplicar hipoclorito de sodio o de potasio (cloralex) de 1 a 2 litros por hectárea.

5. Si el desarrollo es vigoroso, aplicar al cultivo antes de la floración 150 kg/ha de fertilizante nitrogenado, preferentemente urea.

6. Se recomienda dar seguimiento al desarrollo radicular durante las primeras cinco semanas de crecimiento del cultivo, ya que durante este periodo, el desarrollo de tallos y hojas es lento y posteriormente el desarrollo será vigoroso.

7. Aplicar 1 litro por hectárea de herbicida selectivo para el control de maleza de hoja ancha y pastos, según el manejo tradicional.

8. Con el manejo 4M-Más, normalmente el manejo de plagas y enfermedades es bajo, por ello, según la demanda, establecer manejo con agroquímicos.

RESULTADOS

El desarrollo del cultivo fue sano, no requiriendo la aplicación de agroquímicos ni fertilización foliar. Aunque en la región agrícola ocurrió una alta incidencia de diversas plagas y enfermedades que, junto a la limitada ocurrencia de lluvia, estresaron a los cultivos.

El costo total de producción fue de 7 mil 500 pesos por hectárea, y el rendimiento fue de 10.5 toneladas por hectárea.

Para el análisis de la composición elemental de los tejidos, se colectaron plantas completas con el mejor desarrollo y con madurez fisiológica de la mazorca de 80%. Las plantas de dejan secar a temperatura ambiente y bajo sombra. De las plantas secas se separaron los tejidos, se pesaron y se molieron para su análisis por espectroscopia de rayos X, dispersión y fluorescencia, acoplados a un microscopio electrónico de barrido. Los resultados del análisis a cada tejido se muestran en el Cuadro 3.

La planta presentó un peso seco total de 1.032 kilogramos, correspondiendo a las mazorcas 0.604 kilogramos (58.5%), y 50% de este peso correspondió al grano (aunque participó con el 20.3% del peso seco total).

El carbón (C) y el oxígeno (O), asimilados por la planta a través del proceso fotosintético de tipo C4, para formar estructuras de carbohidratos como la celulosa, almidón y ligninas, participan con 92.51% del peso seco total, mientras que el nitrógeno representó 3.9%, el cual es asimilado por

²³ Lixiviado: extracción de sustancias solubles de un material sólido, por agua que circula sobre él o a través de él.

Cuadro 3. Se colectaron las plantas con el mejor desarrollo, para el análisis elemental de los tejidos presentando los siguientes resultados:

ELEMENTO (GRAMOS)	Oxígeno	CARBONO	NITRÓGENO	SILICIO	POTASIO	CLORO	FÓSFORO	MAGNESIO	CALCIO	AZUFRE	PESO TOTAL
PLANTA	1	2.383	0.205	0.131	0.077	0.014	0.010	0.015	0.018	0.008	5.501
	2	65.319	9.871	9.302	1.569	0.519	0.140	0.288	0.419	0.193	164.105
	3	90.142	7.107	1.532	2.049	1.449	0.290	0.338	0.386	0.145	195.946
	4	25.233	2.651	1.133	1.680	0.271	0.235	0.104	0.091	0.080	59.400
MAZORCA	5	79.523	6.679	2.514	2.762	0.636	0.191	0.200	0.172	0.153	181.069
	6	40.505	3.300	0.614	1.840	0.276	0.212	0.120	0.057	0.101	90.038
	7	152.734	9.061		1.407		0.822	0.247	0.062	0.370	302.396
	8	12.446	1.051	0.183	0.889	0.311	0.056		0.022	0.024	27.832
Resto	9	1.192	0.120	0.005	0.055	0.013	0.008	0.004	0.003	0.004	2.622
	10	1.441	0.127	0.207	0.035	0.014	0.013	0.008	0.022	0.004	3.510
Total	484.216	470.917	40.170	15.621	12.363	3.501	1.975	1.323	1.251	1.081	1032.418
Suelo (kg)	19.339	3.305	0.096	7.254	0.410	0.004	0.026	0.202	0.283	0.004	

el sistema radicular y tiene como fuente al nitrógeno fijado y mineralizado por el consorcio microbiano o es aplicado mediante la fertilización química; en la planta el nitrógeno es acumulado en proteínas y compuestos orgánicos con actividad biológica, aquí es importante destacar que la mayor acumulación de nitrógeno ocurrió en la hojas, tallo y semillas.

El silicio (Si) es el cuarto elemento de mayor acumulación en la planta de maíz, ocurriendo principalmente en las hojas (~6.0%), específicamente en la epidermis, con la formación de cuerpos $SiO_2 \cdot nH_2O$ (fitolitos y tricomas²⁴) que forman parte de los mecanismos de resiliencia y protección biótica y abiótica de la planta. El silicio representa 1.5% del peso seco total de la planta, y su aporte se puede regular mediante la disolución incongruente de los MPASi presentes en la capa arable del suelo. El potasio (K) representa 1.2% de peso seco de la planta, y está distribuido equitativamente en todos los tejidos, encontrando la mayor acumulación en las hojas de la mazorca.

Es importante la acumulación de otros elementos, como el cloro (Cl) y el fósforo (P); este último se encuentra en mayor concentración en la semilla en la moléculas de fitatos presentes en el escutelo que recubre al embrión, y es fundamental para aportar el fósforo requerido para la movilización de energía obtenida por el metabolismo de los carbohidratos contenidos en las moléculas de almidón del endospermo.

Es importante observar que en el volumen que ocupa la raíz, aproximadamente 25 litros de suelo o un peso de 30.922 kilogramos, están contenidos de manera sobrada los minerales que la planta ocupa para su nutrición, por ello es importante la aplicación del manejo 4M-Mas para la disolución incongruente de los MPASi.

²⁴ Los tricomas son excrecencias de origen epidérmico y de formas muy variables, pudiendo ser glandulares o no.



Figura 3. Proceso de preparación de sustancias orgánicas con aplicación agrícola: inducción de la fertilización microbiana.

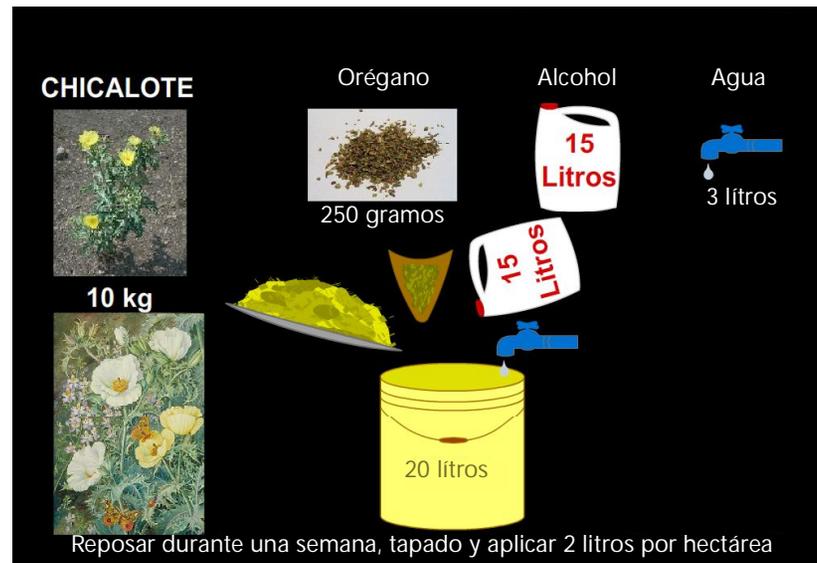


Figura 5. Proceso de preparación de fungicida: extracto de chicalote (*Argemone mexicana L.*).



Figura 4. Proceso de preparación de herbicida preemergente: extracto de higuierilla.

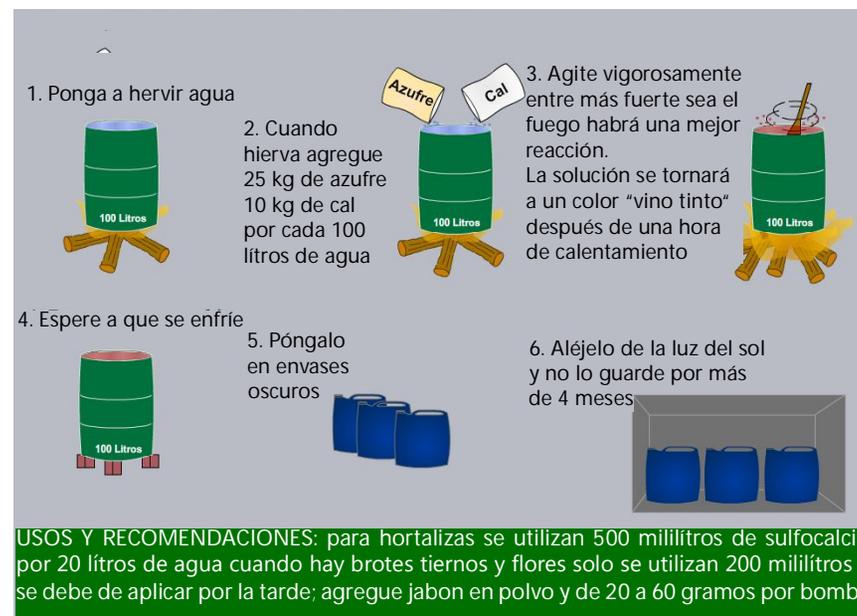
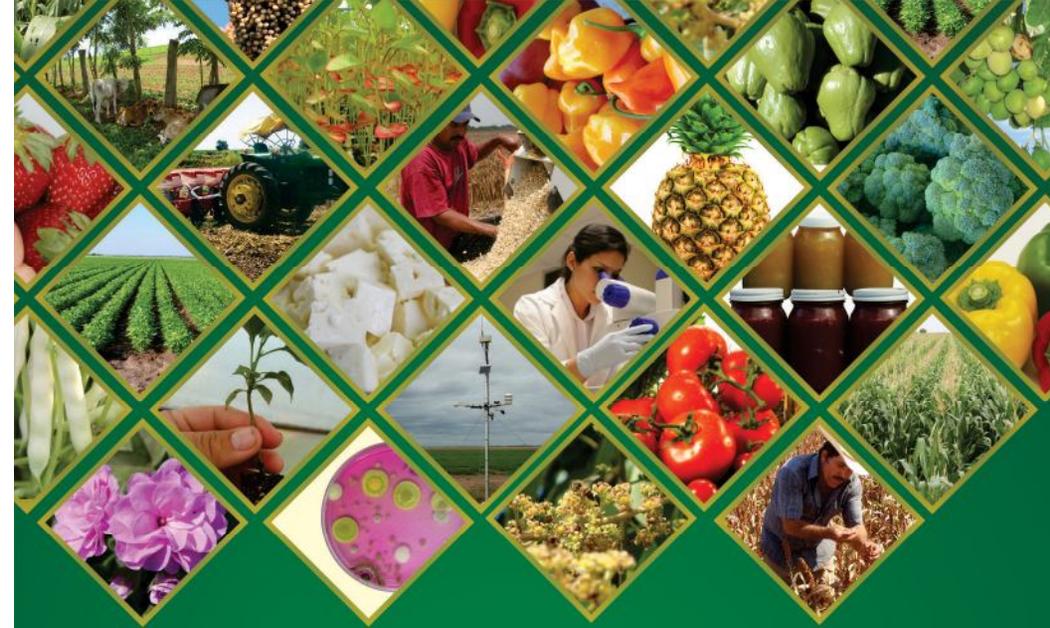


Figura 6. Proceso de preparación de insecticida (sulfocalcio).



OFICINAS CENTRALES

Gral. Juan Carrasco Núm. 787 norte
Culiacán, Sinaloa, México
Tels./Fax (667) 712-02-16 y 46
Correos electrónicos:
direcciongeneral@fps.org.mx
divulgacion@fps.org.mx

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

www.fps.org.mx

