

INSECTICIDAS BIORRACIONALES

Por: Hipólito O'Farrill-Nieves, Ph.D.
Especialista en Entomología

Los insecticidas biorracionales son sustancias que se derivan de microorganismos, plantas o minerales. También, pueden ser sustancias sintéticas similares o idénticas a otras que se encuentran en la naturaleza. Estos insecticidas se caracterizan por tener una toxicidad muy baja para los humanos y otros vertebrados, descomponerse en pocas horas después de aplicados o ser específicos para las plagas que deseamos controlar. Por estas razones son considerados ambientalmente benignos. Su efecto en la vida silvestre y el medio ambiente es menos perjudicial que el de los insecticidas convencionales.

A continuación se discuten las características de los insecticidas biorracionales más comunes en el mercado. En esta guía no se incluyen los nombres comerciales de estas sustancias debido a que los mismos cambian con frecuencia. En el sitio Web del Servicio de Extensión Agrícola (SEA) puede conseguir la lista de los productos comerciales que hay disponibles en el mercado. La dirección electrónica del Servicio de Extensión Agrícola es www.uprm.edu/ciag/sea. Otras fuentes de referencia son los sitios Web de bioplaguicidas (biopesticidas, en inglés) de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y el de National IPM Network (NIPMN). La dirección de EPA es www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ y la de NIPMN es www.ippc.orst.edu/biocontrol/biopesticides.

ACEITES

Los aceites se han estado usando desde hace siglos para controlar las plagas en cultivos y plantas ornamentales. Los de origen vegetal o mineral son eficaces para controlar ácaros e insectos de cuerpo blando. El modo de acción de los aceites sobre los artrópodos no está definido. Una de las dos teorías más aceptadas establece que los aceites

congestionan los orificios (espiráculos) por donde entra el aire al cuerpo de los artrópodos y causan la muerte por sofocación. Otra teoría establece que los aceites actúan como repelentes. La repelencia puede deberse a que irritan el cuerpo de los artrópodos y a la formación de una barrera sobre la superficie del follaje.

Los aceites tienen la desventaja de resultar fitotóxicos (tóxicos a las plantas) en épocas de altas temperaturas o sequía. Tienen a quemar el follaje y las partes tiernas de las plantas. Los problemas de fitotoxicidad y las limitaciones de su uso son similares a los jabones. (Vea la sección de los jabones para una discusión más completa de este tema.)

La mayoría de los insecticidas comerciales formulados a base de aceite son productos refinados del petróleo. Estos aceites se someten a un proceso que les remueve las impurezas perjudiciales para las plantas. También se le añaden unos compuestos emulsionantes que facilitan su dilución con agua. Por lo general, estos aceites comerciales se diluyen con agua a una concentración de 1% a 3%. Los que reclaman ser superiores y ultra finos tienden a resultar más seguros y apropiados para una gran diversidad de cultivos y ornamentales.

Desafortunadamente, los aceites vegetales tienden a ser menos eficaces que los derivados del petróleo. Los más usados se obtienen de las semillas de algodón, canola y soya. Las recetas caseras se preparan con los aceites que utilizamos para cocinar (girasol, maíz y maní), diluidos en agua a una concentración de 1% a 3%.

BOTÁNICOS

Los insecticidas botánicos se extraen de plantas, árboles o arbustos. Están registra-

dos para una gran diversidad de usos porque no dejan residuos perjudiciales en los alimentos ni en las superficies tratadas. La luz solar y el aire degradan a la mayoría de estos insecticidas en cuestión de horas.

Las desventajas de los insecticidas botánicos son ínfimas en comparación con sus beneficios. Uno de los inconvenientes es que su uso suele resultar más costoso que el de los insecticidas convencionales. Esto se debe al alto costo de producirlos y a la repetición frecuente de las aplicaciones, debido a que el efecto de muchos insecticidas botánicos es de corta duración.

Azadirachtin

Es el principal componente insecticida del aceite que se extrae de las semillas del árbol de nim, *Azadirachta indica*. El azadirachtin tiene acción residual y actúa como repelente. Además, interfiere con el crecimiento, la alimentación, el apareo, la producción de huevos y la fertilidad de una gran diversidad de insectos y ácaros.

El aceite y otros extractos del nim tienen una baja toxicidad para los humanos, pero son perjudiciales para los peces y los invertebrados acuáticos. Se usan en medicamentos, jabones, pasta de dientes y cosméticos.

Aceites esenciales (*Essential oils*)

Estas sustancias no son realmente aceites. En su mayoría son líquidos volátiles que no son aceitosos al tacto. Por lo general, estos químicos forman las esencias odoríferas de un gran número de especies de plantas y árboles. Se extraen de flores, frutos, hojas, raíces, semillas o la corteza. Algunos de estos aceites con acción insecticida son los provenientes del anís (*anise*), canela (*cañamos*), geranios (*genarium*), eucalipto (*eucalyptus*), hisopo (*hyssop*), menta (*mint*), mostaza (*mustard*), romero (*rosemary*), tomillo (*thyme*) y salvia (*sage*). Los más usados son de eucalipto, mostaza y romero para el control de insectos y ácaros en cultivos y plantas ornamentales.

El hexa-hydroxyl es otro aceite esencial de reciente introducción, el cual tiene acción residual. Este compuesto es una mezcla de extractos de árboles. Actúa sobre los insectos y otros artrópodos bloqueando los receptores de octopamine, un modulador químico que se encuentra únicamente en el sistema nervioso de los invertebrados. Por esta razón su toxicidad es muy baja para los humanos y otros vertebrados.

Extracto de ají o pimiento picante

Se prepara con los frutos de las especies *Capsicum frutescens* y *Capsicum annum*. El pimiento de la variedad Cayenne es el más usado. Los productos comerciales y los extractos caseros de ají o pimiento se rocían sobre los cultivos y las plantas ornamentales para repeler los insectos y los ácaros. La capsicina, un alcaloide, es el componente irritante y repelente del extracto. Este alcaloide es resistente al calor y a la luz solar. Los productos comerciales vienen mezclados con cera y extractos de otras plantas repelentes. La capsicina es muy irritante para los humanos y los animales.

Extracto de ajo

Se prepara del fruto de la especie *Allium sativum*. El extracto se rocía sobre las plantas en áreas abiertas para repeler mosquitos y plagas dañinas del follaje. El extracto contiene compuestos de azufre (tiosulfatos) que sobreexcitan el sistema nervioso de insectos y ácaros produciendo desorientación y repelencia. Además de repelente, tiene acción bactericida y fungicida. El ajo es una especia y, aunque irritante, se desconocen los efectos adversos que pueda tener sobre el ser humano.

D-Limonene o linalool

Es el mayor componente del aceite que se obtiene de la cáscara de las frutas de las cítricas. El d-limonene tiene acción residual. Es eficaz contra los ácaros, las hormigas, las pulgas y muchos otros insectos. Actúa afectando el sistema nervioso de los artrópodos, pero su toxicidad es muy baja para los humanos.

Piretrinas o piretro

Las piretrinas (*pyrethrins* o *pyrethrum*) se extraen de las flores secas del crisantemo de la especie *Dendranthemum* (*Chrysanthemum*) *cinerariaefolium*. Esta planta se cultiva comercialmente en África (Kenia, Ruanda, Tanzania), Ecuador y Australia. Las piretrinas no son residuales porque la luz y el aire las degradan en cuestión de horas. Son altamente tóxicas y repelentes para una gran diversidad de insectos y otros artrópodos. Actúan afectando el sistema nervioso y causando una parálisis inmediata. Son muy tóxicas para los peces, los pájaros y los reptiles. A pesar de que su toxicidad es muy baja para los humanos, pueden causar alergias e irritaciones de la piel y del sistema respiratorio en algunas personas. Las piretrinas tienen permiso de uso en cultivos, hogares, edificios, plantas ornamentales y en muchos otros lugares.

Rotenona (Rotenone)

Se extrae de las raíces y los tallos de varias leguminosas tropicales. Las plantas más comunes pertenecen a los géneros *Derris*, *Lonchocarpus* y *Tephrosia*. La rotenona es un insecticida que actúa por la vía estomacal por lo cual es necesario que los insectos la ingieran para tener efecto. Es eficaz contra los insectos y los ácaros de cultivos, edificios, árboles y plantas ornamentales. Al igual que las piretrinas, la luz y el aire degradan muy rápido a este insecticida. La rotenona es muy tóxica para los peces y moderada para los humanos. Actúa inhibiendo la respiración celular.

Sabadilla

La sabadilla es un alcaloide, al igual que la cafeína, la nicotina y la cocaína. Se extrae de los lirios, principalmente de la especie *Schoenocaulan officinale*. La sabadilla actúa causando parálisis muscular en los insectos. La sabadilla no es residual y se usa para controlar muchos tipos de insectos en cultivos y plantas ornamentales.

JABONES

Los jabones, al igual que los aceites, se han estado usando desde hace siglos para controlar las plagas en cultivos y plantas ornamentales. El modo de acción de los jabones naturales y los sintéticos sobre los ácaros, los insectos y otros artrópodos no está claramente establecido. Una de las teorías establece que los jabones causan la muerte por deshidratación. La pérdida de agua corporal se debe al deterioro de la estructura y la permeabilidad de las membranas celulares. Otra teoría supone que los jabones obstruyen los espiráculos y como consecuencia los artrópodos se sofocan. Los áfidos, chinches harinosas, moscas blancas, queresas, trípodos y otros insectos de cuerpo blando son los más vulnerables. Los escarabajos y otros artrópodos de cuerpo duro son difíciles de controlar con jabones únicamente. La mezcla de los jabones con un aceite puede aumentar su eficacia contra los insectos de cuerpo duro.

La aspersión de una solución de jabón tiene que tocar el cuerpo de los insectos y de los ácaros para matarlos. Los jabones no tienen acción residual y una vez se secan después de aplicados ya no tienen ningún efecto sobre los insectos y los ácaros. Por esta razón, los jabones deben aplicarse temprano en la mañana o al atardecer para evitar que la solución se seque rápidamente.

La fitotoxicidad es otra desventaja de los jabones. Pueden causar amarillez, manchas y quemazón en el follaje. Antes de usarlos, es recomendable probarlos en unas pocas hojas o plantas para comprobar que la concentración a usarse de la solución no causa daño. Las plantas más vulnerables son aquellas que están afectadas por la sequía o las altas temperaturas. También son vulnerables los trasplantes jóvenes, los esquejes con hojas y las plantas con renuevos.

Muchos de los jabones para uso casero son eficaces contra los ácaros y los insectos. Se utilizan a una concentración de 1% a 2% en cultivos y ornamentales. Puede usarse una

concentración mayor para controlar cucarachas, hormigas y otros insectos rastreros. Evite que esta solución tenga contacto con las plantas.

Los detergentes para lavar ropa no se deben usar en las recetas caseras para rociar plantas, arbustos y árboles. Estos productos con frecuencia tienen solventes, blanqueadores, enzimas y otras sustancias perjudiciales para las hojas.

Los insecticidas comerciales que contienen jabón tienen una mayor eficacia que las soluciones con jabones caseros. Además, tienden a causar menos problemas de fitotoxicidad, son biodegradables y no persisten en el medio ambiente.

MICROBIALES

Los insecticidas microbiales contienen que contienen como ingrediente activo bacterias, hongos, nematodos, protozoarios o virus. Se incluyen en este grupo los insecticidas derivados de sustancias producidas por microorganismos. La mayoría de estos insecticidas son específicos para las plagas y representan muy pocos riesgos para los humanos, las mascotas y la vida silvestre. Tienen la desventaja de deteriorarse rápidamente con el calor, la sequía y la radiación ultravioleta solar.

Abamectina (*Abamectin*)

Este insecticida lo produce la bacteria *Streptomyces avermitilis*, que habita en el

suelo. Esta sustancia pertenece al grupo de las avermectinas. Abamectina es el nombre común de una mezcla de avermectinas. Consta de 80% de avermectina B_{1a} y 20% de avermectina B_{1b}. Es eficaz contra los insectos y los ácaros. Afecta su sistema nervioso y les causa parálisis. Se usa en árboles, céspedes, ornamentales y edificios. Este insecticida se degrada rápidamente cuando llega al suelo.

Bacterias del género *Bacillus*

▪ *Bacillus popilliae*- Los insecticidas comerciales que contienen esta bacteria como ingrediente activo se aplican en el suelo para controlar los gusanos blancos de los caculos y otras larvas de escarabajos. Las esporas de esta bacteria persisten en el suelo durante mucho tiempo y las larvas las ingieren al alimentarse de materia orgánica y raíces. Esta bacteria se multiplica dentro del cuerpo de las larvas, interrumpiendo el ciclo de vida de estos insectos.

▪ *Bacillus thuringiensis* (*Bt*)- Es una bacteria que se encuentra en el suelo y en las plantas. Existen varias cepas de esta bacteria que son específicas para ciertos tipos de insectos. *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* y *B. thuringiensis* var. *aizawai* son eficaces contra las larvas de las alevillas y las mariposas. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* es eficaz contra los mosquitos, micetofílicos (“fungus gnats”) y otros insectos del orden Díptera. *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* controla escarabajos.

La bacteria *Bacillus thuringiensis* produce una toxina que agujerea las paredes del estómago de los insectos. Esta toxina es inocua para los humanos y otros vertebrados porque se activa únicamente con las condiciones que existen en el estómago de los insectos.

Los insecticidas de Bt contienen una mezcla de esporas y toxinas. Se aplican sobre el follaje o el medio donde están las larvas de las plagas. Las larvas no mueren inmediatamente después de consumir las toxinas de esta bacteria, pero dejan de comer.

Beauveria bassiana

Es un hongo del suelo que infecta y mata moscas blancas, áfidos y otros insectos. Los insecticidas que contienen este hongo se preparan con las esporas (especie de semillas microscópicas). Cuando el

insecticida se asperja las esporas se adhieren a la superficie de los insectos y germinan formando un tubo germinativo. Mediante procesos enzimáticos este tubo degrada la cubierta de los insectos y penetra en el cuerpo. Una vez en el interior, el hongo se prolifera y promueve la formación de toxinas mortales para los insectos. En los insectos blandos como las moscas blancas, el efecto mecánico del tubo germinativo es suficiente para matarlos entre 24 y 48 horas. Los productos de *Beauveria bassiana* tienen una mayor eficacia si se aplican tan pronto aparecen los insectos porque las esporas tardan unos siete días en germinar, penetrar, crecer y matar los insectos de cuerpo duro. Este hongo no afecta a los humanos ni a otros vertebrados.

Metarhizium anisopliae

Es un hongo común en el medio ambiente que infecta muchas clases de insectos. La cepa ESC1 es la más utilizada para controlar los comejenes y la polilla en las estructuras. *Metarhizium anisopliae* se rocía sobre los comejenes para que lo lleven al nido e infecten a los demás miembros de la colonia. El hongo también se puede inyectar en la madera que esté infestada con comejenes o polilla. En 1993 se registró en la EPA para controlar moscas, cucarachas, comejenes y polilla. Actualmente está registrado y autorizado sólo para controlar los comejenes y la polilla.

Nematodos

Los nematodos son gusanos redondos microscópicos. Las especies más comunes que se utilizan para controlar insectos son *Steinernema feltiae*, *S. scapteriscae*, *S. riobravis*, *S. carpocapsae* y *Heterorhabditis heliothidis*. Las especies del género *Steinernema* entran al cuerpo de los insectos por los espiráculos (orificios por donde entra el aire al cuerpo). Las especies de *Heterorhabditis* penetran a través del exoesqueleto y espiráculos de los insectos. Una vez en el interior, los nematodos se reproducen y vacían una bacteria simbiótica en la sangre de los insectos. Esta bacteria,

Xenorhabdus luminescens, es la responsable de causar la muerte de los insectos.

Los nematodos entomopatógenos tienen la desventaja de desecarse con facilidad por la acción del viento. Por esta razón, son más eficaces cuando se aplican en ambientes húmedos y protegidos. Los insectos que habitan en el suelo son los más afectados por los nematodos entomopatógenos.

Las investigaciones realizadas hasta el presente han demostrado que es muy incierto el uso de los nematodos entomopatógenos para controlar los comejenes. A pesar de que estos nematodos infestan a los comejenes, la variación en la humedad del suelo alrededor de los edificios no permite que perduren estos patógenos, siendo necesario repetir periódicamente los tratamientos.

Nosema locustae

Es un protozoario que está presente en el medio ambiente. Los productos comerciales son carnadas que contienen las esporas de este microbio. Los insectos mueren rápidamente después de ingerir las esporas. Este protozoario tiene permiso de uso para controlar saltamontes y grillos en cultivos, pastos y ornamentales.

Paecilomyces fumoroseus

Los productos comerciales que contienen este hongo como ingrediente activo se aplican al follaje para controlar ácaros, áfidos, moscas blancas y tripsos, y. Este hongo penetra la cutícula del insecto y crece hasta matarlo.

Spinosad

Es una toxina producida por la bacteria *Saccharopolyspora spinosa*. Es eficaz para controlar hormigas bravas, insectos del follaje y ácaros. Mata estas plagas mediante la excitación de su sistema nervioso. El spinosad se usa en hogares, edificios, cultivos, céspedes y plantas ornamentales.

Virus

Los virus que enferman y matan a los insectos y a otros artrópodos pertenecen a la familia de los báculovirus. La mayoría pertenece a los grupos de los *Granulovirus* (GV) y *Nucleopoly-hedrovirus* (NPV). Los insectos tienen que ingerir estos virus para enfermarse.

Los virus GV y NPV se usan para el control de las orugas en cultivos, granos almacenados, plantas ornamentales y bosques. Presentan el inconveniente de que la luz ultravioleta solar los desactiva rápidamente.

MINERALES

Azufre (*Sulphur*)

Aunque el azufre en forma de polvo se usa principalmente para controlar enfermedades en plantas, es eficaz contra los ácaros y los tripsos. Su acción insecticida se debe a que interfiere con la respiración celular y causa parálisis.

El azufre tiene los mismos problemas de fitotoxicidad y las limitaciones de uso que los jabones y los aceites. Puede causar amarillez, manchas y quemazón del follaje.

Antes de usar productos de azufre a gran escala, es recomendable probarlos en unas pocas hojas o plantas para comprobar que la concentración de la solución no causa daño. Las plantas más susceptibles son aquellas que están afectadas por la sequía o las altas temperaturas. También son vulnerables los trasplantes jóvenes, los esquejes con hojas y las plantas con renuevos. El azufre no se puede usar en plantas que se han tratado o se van a rociar con aceite. La mezcla del azufre con el aceite provoca reacciones perjudiciales para las plantas.

Caolín (*Kaolin*) o arcilla china

Es un polvo finísimo de arcilla blanca que se emplea en la fabricación de porcelanas, medicamentos, tintas, plásticos, cosméticos y papel brillante. También es un importante ingrediente en la repostería. Se le llama

arcilla china por haberse descubierto en el Monte Caolín de China.

El caolín es eficaz para controlar una gran diversidad de insectos chupadores y masticadores en cultivos y ornamentales. Se aplica diluido en agua y la capa fina de polvo que permanece sobre las hojas, ramas, tallos y frutos repele a los insectos. La repelencia se debe principalmente a que las partículas de polvo irritan el cuerpo de los insectos. Por otra parte la capa de polvo dificulta que los insectos se posen a comer y poner huevos sobre las superficies tratadas. El caolín no se debe mezclar con productos que contengan azufre o caldo Bordeaux.

Tierra de diatomeas

(*Diatomaceous earth*)

Este material se compone de los esqueletos de plantas llamadas diatomeas. Estas plantas son microscópicas y forman parte del fitoplancton que hay en los ríos y océanos. En los Estados Unidos y otras partes del mundo hay enormes depósitos de los exoesqueletos de diatomeas que existieron hace miles de años atrás. El material que se extrae de estos depósitos es un polvo finísimo que se utiliza en la fabricación de las pastas de dientes y en filtros para las industrias de bebidas y piscinas.

La tierra de diatomeas es eficaz contra ácaros, garrapatas y una gran diversidad de insectos. Su acción insecticida se debe al efecto combinado de las partículas abrasivas y absorbentes que componen este material. Los filos de las diatomeas laceran el exoesqueleto y causan que los líquidos corporales de los artrópodos se escapen sin control. Como consecuencia, los artrópodos mueren por deshidratación. Por otro lado, el polvo finísimo que forma parte de la tierra de diatomeas es bien absorbente y deseca a los artrópodos cuando tiene contacto con ellos. Sin embargo, su toxicidad es muy baja para los humanos y las mascotas.

Este insecticida natural se usa en cultivos, granos almacenados, hogares, edificios, céspedes y plantas ornamentales. Algunos de

los insecticidas comerciales de la tierra de diatomeas vienen mezclados con piretrinas.

REGULADORES DEL CRECIMIENTO DE LOS INSECTOS

Los reguladores del crecimiento de los insectos (*insect growth regulators*) son compuestos sintéticos similares a la hormona juvenil que controla la muda del exoesqueleto en los artrópodos. Cuando los insectos tienen contacto con las superficies tratadas con estos compuestos su crecimiento es anormal y no llegan a la etapa adulta. Al no alcanzar la madurez sexual no se reproducen y la población disminuye.

Los inhibidores de la síntesis de quitina se clasifican frecuentemente como reguladores del crecimiento de los insectos. Estos compuestos impiden la síntesis de la quitina, componente principal del exoesqueleto, cuando entran en el cuerpo de los insectos inmaduros. Los insectos afectados no pueden producir un exoesqueleto nuevo y mueren. Diflubenzuron, hexaflumuron y lufenuron son algunos de estos productos.

La mayoría de los reguladores del crecimiento de insectos no tienen permiso de uso

en cultivos. Están registrados para el control de ácaros, arañas, garrapatas y una gran diversidad de insectos dañinos en bosques, edificios y plantas ornamentales.

FEROMONAS

Las feromonas (*pheromones*) son sustancias químicas emitidas por los insectos que provocan una respuesta en otros individuos de su misma especie. Hay feromonas de atracción sexual, de alarma, de agregación y para otros tipos de comportamiento. Las feromonas sexuales de un gran número de insectos dañinos, en su mayoría alevillas y escarabajos, se han identificado y se producen comercialmente. Estas feromonas se emplean en trampas para detectar la población de una plaga y realizar capturas masivas. Las feromonas sexuales también se utilizan para confundir a los machos y reducir la reproducción. La técnica de confusión consiste en saturar el área con feromonas y así los machos no pueden detectar las hembras. Las feromonas son específicas para las plagas e inofensivas para los humanos y los animales domésticos. No dejan residuos tóxicos en los alimentos ni en el medio ambiente.