

Entendiendo el modo de acción de los insecticidas y el manejo de resistencia en la horticultura de Florida (y Latinoamérica)¹

Hugh Smith, Adam Dale, Julien Beuzelin y Hector Portillo. Traducido por Isabel Bohorquez y Hector Portillo.²

Nota sobre la traducción: esta es una traducción al español de ENY 2087, 'Understanding insecticide modes of action and resistance management in Florida horticulture,' publicado en 2023. Este documento incluye información adicional por H. Portillo sobre los nombres comerciales latinoamericanos apropiados de insecticidas (Tabla 1) en Argentina, Chile, México y América Central.

Esta publicación está diseñada para ayudar a los agentes de Extensión de UF/IFAS y al público a entender los modos de acción y el manejo de resistencia de los insecticidas, en lo que respecta a su uso en hortalizas, cultivos extensivos, césped y plantas ornamentales.

Modo de acción

El modo de acción de un insecticida es la forma en que causa mortalidad. Otras definiciones incluyen “las formas por las cuales una toxina afecta la anatomía, fisiología, o la bioquímica de un organismo” (Pedigo, 2002), y “el efecto de un insecticida en su punto de acción” (PCT, 2021). La tabla

1 lista grupos importantes de insecticidas y su modo de acción, que son comúnmente utilizados en la producción hortícola de Florida; se incluyen ejemplos de los nombres comerciales por los que usualmente son conocidos en Florida y algunos países de Latinoamérica, y que son usados en la producción de hortalizas, cultivos extensivos, césped y plantas ornamentales. La tabla 1 también muestra grupos de plagas comúnmente controladas según los diferentes grupos de modo de acción. El Comité de Acción Contra la Resistencia a Insecticidas (IRAC, por sus siglas en inglés) es una asociación internacional que define los modos de acción de los insecticidas y les asigna un número y letra para facilitar el manejo de resistencia. Por ejemplo, los neonicotinoides (4A), sulfoximinas (4C) y butenolides (4D) están en el grupo 4, por ende, todos tienen el mismo modo de acción. Las diferencias estructurales en los componentes químicos de estos insecticidas resultan en que estos interactúen de modo diferente en el punto de acción y son ubicados en subgrupos (A, C, y D).

1. Este documento es ENY-2087S, uno de una serie del Entomology and Nematology Department, UF/IFAS Extension. Publicación original de fecha abril 2024. Visite el sitio de EDIS en <https://edis.ifas.ufl.edu> para la versión que respalda esta publicación. © 2024 UF/IFAS. Esta publicación está bajo licencia CC BY-NC-ND 4.0.
2. Hugh Smith, profesor asociado, UF/IFAS Gulf Coast Research and Education Center; Adam Dale, profesor asociado, Department of Entomology and Nematology; Julien Beuzelin, profesor asistente, UF/IFAS Everglades Research and Education Center; y Hector Portillo, FMC Corporation. Traducido por Isabel Bohorquez, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal (Lima-Perú); y Hector Portillo, FMC Corporation.

Todos los productos químicos deben ser usados de acuerdo con las instrucciones en la etiqueta del fabricante. No use un producto a menos que la etiqueta haya sido explicada o traducida por completo y de forma correcta.

El Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) es una institución con igualdad de oportunidades autorizada a proporcionar investigación, información educativa y otros servicios solo a personas e instituciones que funcionen sin discriminación por motivos de raza, credo, color, religión, edad, discapacidad, sexo, orientación sexual, estado civil, país de origen, opiniones o afiliación políticas. Para obtener más información sobre cómo obtener otras publicaciones de UF/IFAS Extension, comuníquese con la oficina UF/IFAS Extension de su condado. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S. Department of Agriculture), UF/IFAS Extension Service, University of Florida, IFAS, Programa de Extensión Cooperativa (Cooperative Extension Program) de Florida A&M University, y Juntas de Comisionados del Condado en Cooperación. Andra Johnson, decano de la UF/IFAS Extension.

El modo de acción de un insecticida está determinado por su ingrediente activo, el cual es el compuesto químico responsable del efecto tóxico. Algunos grupos de acción tales como los piretroides (3A) contienen docenas de ingredientes activos, en tanto que otros, tales como los butenolides (4D) contienen sólo uno (flupiradifurona). A menudo los ingredientes activos en un mismo grupo de modo de acción son efectivos contra un grupo similar de plagas objetivos. Por ejemplo, los insecticidas neonicotinoides (4A) acetamiprid, imidacloprid, y tiametoxam son empleados principalmente contra insectos chupadores, tales como moscas blancas, áfidos y piojos harinosos. Sin embargo, dentro de un mismo grupo de acción los diferentes ingredientes activos pueden afectar diferentes grupos de plagas. La abamectina es un insecticida en el grupo 6 empleado principalmente contra ácaros y minadores de hojas, en tanto que el benzoato de emamectina, también del grupo 6, es efectivo principalmente contra orugas.

Resistencia a insecticidas

La exposición repetida a un insecticida con el mismo modo de acción puede resultar en el desarrollo de poblaciones de insectos y ácaros resistentes al mismo. El IRAC define resistencia como “un cambio heredable en la sensibilidad de una población plaga, que se refleja en repetidos fracasos de un producto en alcanzar el nivel esperado de control, cuando es empleado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa especie de plaga”. El riesgo de resistencia al insecticida aumenta cuando generaciones sucesivas de una plaga son expuestas al mismo modo de acción. Algunos individuos dentro de una determinada población de plagas pueden ser resistentes a un insecticida debido a factores genéticos (“heredables”). Cada aplicación sucesiva de ese insecticida reduce la porción susceptible de la población plaga, de modo tal que, si se aplica repetidamente el mismo modo de acción, la porción resistente al insecticida predomina gradualmente. Por lo tanto, es esencial que los usuarios de pesticidas estén familiarizados con el modo de acción de cualquier insecticida o acaricida que se aplique, para así contrarrestar el desarrollo de resistencia.

Intervalos de tratamiento

El enfoque del intervalo de tratamiento para manejar la resistencia al insecticida incluye agrupar los modos de acción de acuerdo con el tiempo aproximado que dura una generación de la plaga a tratar, o su ciclo de vida. El intervalo de tratamiento, también llamado ventana de tratamiento, está basado en un estimado del ciclo de vida

de la plaga y es empleado para evitar tratar subsecuentes generaciones de una población plaga con el mismo modo de acción. Es aceptable aplicar el mismo modo de acción más de una vez durante un intervalo de tratamiento, pero en el siguiente intervalo deberá usarse un modo de acción diferente, o no aplicar ningún insecticida.

Por ejemplo, algunas etiquetas de insecticida indican un intervalo de tratamiento de 30 días para el control de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), ya que es un buen estimado de su ciclo de vida. Las especies de insectos y ácaros varían en el tiempo que requieren para completar su ciclo de vida, y los ácaros tienden a presentar tiempos de generación más cortos que los de la mayoría de los insectos.

Para efectos de control de resistencia, los modos de acción deben agruparse por número (grupo principal), no por letra (subgrupo). Por ejemplo, un insecticida neonicotinoide (4A) y un butenolido (4D) pueden emplearse dentro del mismo intervalo de tratamiento, pero ningún insecticida grupo 4 deberá usarse en el siguiente intervalo de tratamiento.

Hay muchas fuentes de información de los ciclos de vida de las plagas, incluyendo la serie ‘Featured Creatures’ de la Universidad de Florida (<https://entnemdept.ufl.edu/creatures/>). La publicación “Managing Resistance to Diamide Insecticides in Florida Tomato” (<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN978>) provee una descripción más detallada de los intervalos de tratamiento. Hay que tener presente que poco después de que una plaga se establece en un cultivo, las generaciones de esta plaga se superponen. Es prácticamente imposible evitar tratar sucesivas generaciones de una plaga con un mismo modo de acción. Sin embargo, el enfoque de intervalo de tratamiento provee un marco para reducir la probabilidad de que se desarrolle resistencia. La duración de cada generación de una plaga dada está influenciada por la temperatura y la planta hospedera, pero para facilitar la programación de aplicaciones, se emplean intervalos fijos de tratamiento.

Clases de insecticidas claves para cultivos extensivos, hortalizas, césped y plantas ornamentales.

El número del grupo de modo de acción IRAC para cada clase de insecticida está indicado en paréntesis. **Referir a la Tabla 1.**

Los términos en negrita están explicados en el glosario (más adelante).

Para un listado completo y la descripción de todos los modos de acción de los insecticidas conocidos actualmente, consultar <https://irac-online.org>.

- Los insecticidas carbamatos (1A) y organofosforados (1B) son insecticidas de amplio espectro, lo que significa que matarán a la mayoría de grupos de insectos independientemente de sus tipos de **aparato bucal** o **metamorfosis**. Estos insecticidas interfieren con las ramificaciones del sistema nervioso importantes para animales, incluyendo humanos, como para insectos, de modo que presentan un riesgo para los aplicadores y trabajadores del campo. Los insecticidas carbamatos y organofosforados funcionan principalmente por contacto, aunque hay algunos insecticidas **translaminares** y **sistémicos** en estos dos grupos. Algunos carbamatos, tales como metomil, y organofosforados, incluyendo a naled, son **insecticidas de uso restringido**.
- Los piretroides (3A) son compuestos de amplio espectro con toxicidad para el sistema nervioso que actúan por contacto. Están entre los insecticidas más ampliamente usados, son la versión sintética de las piretrinas, compuestos insecticidas producidos por la planta *Chrysanthemum cinerariifolium*. Los insecticidas sintéticos tienden a presentar una eficacia residual más larga que los compuestos naturales, los que suelen descomponerse rápidamente cuando son expuestos a la luz solar y los elementos ambientales. Las piretrinas están entre los insecticidas que pueden emplearse en la **producción orgánica certificada** de cultivos. Muchos piretroides son insecticidas de uso restringido.
- Los neonicotinoides (4A), sulfoximinas (4C) y butenolides (4D) son todos agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina, y por lo tanto comparten el mismo modo de acción. Todos los insecticidas del grupo 4 son sistémicos y atacan primariamente insectos chupadores, por ingestión. Existe preocupación respecto al impacto de los neonicotinoides sobre la salud de los **polinizadores**, debido a su expresión sistémica y presencia en el polen y el néctar de las flores en las plantas tratadas.
- Los spinosinas (5) incluyen spinetoram y spinosad, empleados principalmente para el control de trips, minadores de hojas, dípteros, y orugas. El ingrediente activo en el producto Entrust es spinosad, y la formulación es etiquetada para uso en producción orgánica certificada. Los spinosinas son translaminares.
- Las avermectinas (6) son empleadas contra grupos distintos de plagas. La abamectina, un insecticida-acaricida, es uno de los materiales más ampliamente

usados para controlar ácaros (*Tetranychus urticae* y otras especies) y minadores dípteros de hojas en el género *Liriomyza*.

- El piriproxifén (7C) es un mimico de la hormona juvenil que interfiere con los procesos a través de cuales los insectos emergen del huevo y se desarrollan de un estadio larval o ninfal al siguiente. Los mímicos de la hormona juvenil son reguladores de crecimiento de los estadios inmaduros de los insectos y no afectan a los adultos, pero reducen la viabilidad de los huevos producidos por las hembras expuestas. El piriproxifén es usado principalmente contra mosca blanca, escamas, y hormigas, con alguna actividad contra orugas y tiene acción translaminar.
- Los moduladores de los órganos cordotonales (9) interfieren con el funcionamiento de receptores de tensión en insectos, que influyen sobre su movimiento y alimentación. Son translaminares y usados principalmente contra áfidos y mosca blanca.
- Los inhibidores de crecimiento de ácaros (10) interfieren con la habilidad de los ácaros para formar quitina, un ingrediente clave en el exoesqueleto de artrópodos (Nauen y Smagghe 2006). Los reguladores de crecimiento son efectivos contra el huevo y la protoninfa de ácaros en la familia Tetranychidae. Estos funcionan por contacto.
- Los productos a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (11A) consisten en la bacteria (forma de bacilo) y sus cristales de proteínas llamados delta endotoxinas, producidas naturalmente por las bacterias. Estas proteínas se acoplan en los sitios del receptor en el estómago del insecto, cuando es ingerido por el insecto plaga, causando que se rompa la pared del estómago. En la agricultura, los productos de Bt son empleados principalmente contra orugas. Las dos subespecies de Bt más utilizadas son *aizawi* y *kurstaki*. La subespecie *israelensis* es empleada contra la mosca del mantillo (*Bradysia* spp.). La mayoría de las formulaciones de Bt están registradas para uso en la producción orgánica certificada, pero algunos no (por ejemplo, Crymax). Los productos de Bt son muy específicos para las plagas que atacan porque otros organismos carecen de los sitios de acople en el área del estómago.
- Las benzoilureas (15) son reguladores de crecimiento que interfieren con la habilidad del insecto para formar quitina. Son usadas contra un número limitado de grupos relacionados de insectos (órdenes), incluyendo orugas, larvas de coleópteros, saltamontes, y psílidos. Los estadios adultos no son afectados. Los insecticidas del Grupo 15 funcionan de forma diferente a la de los reguladores de

- insectos en otros grupos de modo de acción. Funcionan por contacto e ingestión.
- El buprofezín (16) es un regulador de crecimiento que interfiere con la habilidad del insecto para formar quitina. Es usado para controlar saltamontes, chicharritas, mosca blanca, escamas, y cochinillas. Sólo son afectados los estadios ninfales de la plaga. Los insecticidas del Grupo 16 funcionan en forma diferente a la de los reguladores de crecimiento de insectos en otros grupos de modo de acción. El buprofezín funciona principalmente por contacto.
 - La ciromazina (17) interfiere en el proceso de muda en estadios larvales, con efectividad en larvas de dípteros minadores de hojas (*Liriomyza* spp.). También está indicado para el control de larvas del escarabajo *Leptinotarsa decemlineata* en algunos cultivos. Es un insecticida de contacto e ingestión.
 - Las diacilhidracinas (18) interfieren con el funcionamiento de la ecdisona, una prohormona involucrada en la muda y la metamorfosis de insectos. Estos insecticidas son usados para controlar orugas y funcionan principalmente por ingestión.
 - Los insecticidas METI (20, 21) son inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial. Los insecticidas de importancia en este grupo incluyen bifenazato, empleado para controlar ácaros Tetranychidae, y fenpiroximato y tolfenpyrad, que se usan contra otros grupos de plagas. Son insecticidas de contacto e ingestión.
 - El indoxacarb (22A) es un bloqueador del canal de sodio. Es usado principalmente contra orugas y otros grupos de plagas, incluyendo escarabajos y grillotalpas. Es un insecticida que funciona principalmente por ingestión.
 - Los inhibidores de biosíntesis de lípidos (23) incluyen spiromesifén y spirotetramat, usados contra ácaros, mosca blanca y otras plagas. Tienen acción sistémica.
 - El cyflumetofen (25) interfiere con el transporte de electrones en la mitocondria. Está registrado para el uso de un número limitado de cultivos para el control de ácaros Tetranychidae y otros grupos de ácaros. Es translaminar.
 - Los diamidas (28) interfieren con el funcionamiento de los receptores de rianodina, importantes en la regulación de calcio. La mayoría son sistémicos. Varían en cuanto al espectro de plagas que afectan. Algunos son usados comúnmente en el control de orugas y coleópteros (p.ej., clorantraniliprol, tetraniliprole), y otros para el control de insectos chupadores (p.ej., cyantraniliprol).

- El flonicamid (29) es un modulador de los órganos cordotonales, pero funciona de modo diferente al de los insecticidas grupo 9. Tiene actividad sistémica limitada.

Insecticidas y su Papel en el Manejo Integrado de Plagas

Los insecticidas son sólo un componente de un programa de manejo integrado de plagas. Preferentemente, los cultivos deben ser monitoreados semanalmente para determinar si las plagas están presentes en cantidades perjudiciales. Los cultivos varían en su tolerancia a las plagas. Los gerentes de viveros varían en sus tendencias a tolerar los daños de las plagas. Generalmente, las plagas que no transmiten virus patogénicos pueden ser toleradas a niveles más altos que aquellas que son vectores de enfermedades.

Para la mayoría de los cultivos de alto valor en Florida, los insecticidas juegan un rol significativo en reducir el daño y las pérdidas causadas por insectos y ácaros. Las condiciones para el desarrollo de plagas en Florida son favorables casi todo el año, y por esta razón, una cultura de cultivo limpio es importante para reducir los hábitats para estas. Los campos cosechados y las plantas en un vivero o invernadero que ya no son de utilidad comercial deben ser destruidos rápidamente, de modo que no sirvan como fuente de plagas o enfermedades. Las variedades comerciales de algunos cultivos son resistentes a enfermedades causadas por virus y otros patógenos transmitidos por artrópodos.

Muchas plagas en Florida son atacadas por depredadores y parasitoides naturales, y estos **enemigos naturales** pueden ayudar a reducir las poblaciones plaga. Algunos **agentes de control biológico** están a la venta, y pueden ser liberados para ayudar a controlar plagas en algunos sistemas de cultivos. También pueden incorporarse jabones y aceites insecticidas a las rotaciones del programa de insecticidas. Estos **biopesticidas** reducen el número de artrópodos en forma tal que, en general, las plagas no desarrollan resistencia, y por ende no están asociados a un número de modo de acción, como si lo están los insecticidas convencionales. La mayoría de los biopesticidas son permitidos para su uso en la producción orgánica certificada de cultivos, y tienen efectos negativos limitados sobre los enemigos naturales, en comparación con los insecticidas convencionales.

La planificación del uso de un insecticida empieza con entender la etiqueta. *La etiqueta es la ley*. Muchas etiquetas tienen instrucciones de protección a polinizadores, que limitan cómo y cuándo puede aplicarse el insecticida.

Las decisiones respecto al uso del insecticida están determinadas por muchos factores, incluyendo el estado de desarrollo del cultivo, el riesgo para los polinizadores, el periodo de carencia antes de la cosecha, y qué insecticida se haya aplicado anteriormente. La capacidad para controlar plagas de artrópodos usando principalmente insecticidas también está influenciada por el periodo de duración del cultivo. La probabilidad de que la resistencia a insecticidas se desarrolle es más alta en cultivos perennes o de jardinería ya que reciben aplicaciones de insecticidas por muchos años, esto en comparación con el riesgo que la resistencia desarrolle en un cultivo anual que dura solo algunos meses. Sin embargo, en Florida las hortalizas anuales suelen cultivarse en siembras escalonadas, resultando en que las mismas poblaciones de plagas en una plantación o grupo de plantaciones adyacentes son expuestas a los mismos insecticidas por múltiples generaciones durante varios meses del ciclo de producción. Esta situación puede resultar en poblaciones resistentes. Es importante tomar en cuenta condiciones y prácticas locales y la variación estacional de las plagas para planificar los programas de manejo químico y evitar el desarrollo de resistencia.

Glosario

Agentes de control biológico incluyen predadores, parasitoides, nematodos y patógenos que atacan plagas de artrópodos. Estos pueden criarse en masa y venderse para uso en instalaciones de producción comercial. Son liberados o aplicados en áreas de producción, a menudo en forma repetida, para el manejo de plagas de artrópodos.

Biopesticidas. Incluyen jabones, aceites e insecticidas botánicos tales como azadiractina y productos a base de nim. También los biopesticidas incluyen patógenos microbianos tales como Bt y los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Cordyceps fumosoroseus*, que han sido formulados para aplicarse como insecticidas. La mayoría de los biopesticidas funcionan de tal modo que no conlleva al desarrollo de poblaciones resistentes, por lo que no a todos se les asigna algún número IRAC de modo de acción. Los productos Bt son excepciones notables, que tienen modo de acción número 11A. Los biopesticidas tienden a presentar una eficacia residual más corta que los insecticidas convencionales, y la mayoría están etiquetados para uso en producción orgánica certificada.

Producción orgánica certificada. Cumple las regulaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para producción orgánica (<https://www.ams.usda.gov/services/organic-certification/certification>). La agricultura orgánica evita insumos sintéticos y hace hincapié en

procesos de suelo y cultivo desarrollados en forma natural (<https://www.ams.usda.gov/grades-standards/organic-standards>).

Insecticidas de contacto. Matan un insecto cuando éste entra en contacto directo con el insecticida o con sus residuos activos.

Resistencia de la planta huésped. Involucra características heredables en los cultivos, permitiéndoles rendimientos comercializables cuando son expuestos a niveles de plaga o enfermedad que pudiesen causar pérdidas económicas en variedades susceptibles.

Reguladores de crecimiento en insectos. Insecticidas que interfieren con los procesos hormonales y enzimáticos que rigen el desarrollo de los artrópodos de un estadio al siguiente.

Metamorfosis es el proceso de cambios de forma de un organismo a través de diferentes etapas hasta llegar a ser un adulto. Algunos insectos como saltamontes y chinches pasan a través de una metamorfosis simple o incompleta en la cual en los estadios inmaduros (ninfas) son parecidos al adulto, pero carecen de alas. Insectos como polillas y escarabajos tienen metamorfosis completas y pasan por cuatro estadios totalmente distintos: huevo, larva, pupa, y adulto. El tipo de metamorfosis por el que pasa un insecto plaga tiene una relación directa con los métodos para monitoreo, identificación, y control.

Aparato bucal varía entre diferentes grupos de artrópodos. Los escarabajos, orugas y saltamontes están entre los insectos con aparato bucal masticador. Los áfidos, moscas blancas y ácaros tienen aparato bucal chupador. Los trips tienen aparato bucal raspador - chupador. El tipo de aparato bucal influye en el daño que la plaga causa, y en la probabilidad de que ingiera ciertos insecticidas.

Enemigos naturales de un insecto o un ácaro son los depredadores, parasitoides, nemátodos, y patógenos (enfermedades) presentes en la naturaleza que atacan y matan al insecto. La selección del plaguicida y las prácticas de aplicación pueden modificarse para limitar el impacto sobre los enemigos naturales.

Parasitoides son insectos que ponen huevos dentro o sobre otro insecto hospedero. El huevo del parasitoide emerge y la larva completa su desarrollo dentro del hospedero, alimentándose inicialmente de sus fluidos y después de sus tejidos, matándolo eventualmente. Luego, la larva parasitoide emerge del insecto hospedero para completar

su desarrollo, formando una pupa dentro o sobre los restos del hospedero. La mayoría de los parasitoides son avispas o moscas. Las avispas usan su ovipositor para insertar el huevo dentro del hospedero. Las moscas carecen de él y dejan sus huevos sobre el cuerpo del hospedero. Las larvas de moscas parasíticas deben excavar dentro del hospedero para completar su desarrollo después de emerger del huevo.

Salud del polinizador se refiere a la supervivencia, reproducción, y abundancia de los polinizadores. En las décadas recientes la salud de los polinizadores se ha convertido en una preocupación global, debido a la reducción de las poblaciones de abejas melíferas (*Apis mellifera*) y muchas especies de abejas nativas. Los insecticidas son algunos de los factores asociados con la caída de estas poblaciones.

Depredadores son insectos y ácaros que atacan y se alimentan de otros artrópodos, consumiendo múltiples presas durante su ciclo de vida.

Eficacia residual se refiere al periodo en días o semanas después de la aplicación, en el que un insecticida continúa reduciendo las poblaciones de una plaga dada.

Insecticidas de uso restringido. Insecticidas que sólo pueden ser usados por un aplicador de pesticidas certificados o bajo la supervisión de este. Algunos insecticidas pueden estar agrupados en esta categoría debido a los riesgos asociados a la salud humana y ambiental.

Insecticidas sistémicos son insecticidas que ingresan a través de las raíces o el follaje y se distribuyen dentro de la planta vía el sistema vascular. Estos tienden a presentar una eficacia residual más larga que los insecticidas de contacto o translaminares.

Insecticidas translaminares pueden desplazarse de un lado de la hoja de la planta donde se aplicó, a otro, y se les conoce también como “localmente sistémicos”. Los insecticidas translaminares tienden a presentar una eficacia residual más larga que los insecticidas de contacto.

Referencias

Nauen, R., y G. Smagghe. 2006. “Mode of Action of Etoxazole.” *Plaga Management Science* 62:379–82. <https://doi.org/10.1002/ps.1192>.

(PCT) Pest Control Technology. 2021. <https://www.pctonline.com/article/pct1011-insecticide-information/>. Accessed Sept 30, 2021.

Pedigo, L. 2002. *Entomology and Pest Management*, fourth edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.

Tabla 1. Clasificación del modo de acción. Clases de insecticidas, modo de acción, ejemplos de ingredientes activos, nombres comerciales usados en los Estados Unidos (US) y algunos países de América Latina (AR = Argentina, CA = países de América Central, CH = Chile, MX = México), y plagas que controlan.

Código MoA IRAC	Clase química o ingrediente activo Modo de acción (MoA)	Ejemplo de ingredientes activos	Ejemplos de nombres comerciales en el área hortícola o de cultivos extensivos	Ejemplos de nombres comerciales en césped/ ornamentales	Plagas controladas
1A	Carbamatos <i>Inhibidores de la acetilcolinesterasa</i>	carbaril	Sevin 4F (US, MX, CA, CH, AR)	Sevin SL (US)	amplio espectro
		metomilo	Lannate SP (US, MX, CA)		
1B	Organofosforados <i>Inhibidores de la acetilcolinesterasa</i>	acefato	Orthene (US, MX, CA, CH, AR)	Orthene (US, MX), Precise	amplio espectro
		clorpirifos	Lorsban (US, MX, CA)	Dursban 50W (US)	
		naled	Dibrom (US, MX)	N/A	
		diazinon	Diazinon AG500 (US), Diazol (MX), Sudin (CA)	N/A	
		malation	Malathion 5EC (US), Fyfanon (MX), muchos otros genéricos	Malathion 5EC (US)	
		dimetoato	Dimethoate 4EC (US), Perfecthion (MX, CH), muchos otros genéricos	Dimethoate 4E (US)	
		triclorfon	Dinex / Lucavex (MX), Dipterox (CA)	Dylox (US)	
3A	Piretroides <i>Moduladores del canal de sodio</i>	bifentrín	Brigade 2 EC (US), Brigadier (MX), Talstar (CA, CH), Athena (AR), muchos otros genéricos	Talstar S (US, MX), Bifen XTS (US), muchos otros genéricos	amplio espectro
		ciflutrín	Solfac (CA)	Decathlon (US), Tempo (US)	
		betaciflutrín	Baythroid XL (US), Bulldock (MX, CH, AR), Responder (CA), muchos otros genéricos	Tempo Ultra (US)	
		esfenvalerato	Asana XL (US), Sumialpha 110 (MX), Hallmark (CA, CH, AR)	N/A	
		lambda-cihalotrín	Warrior II (US), Karate Zeon (US, MX, CA, CH, AR), muchos otros genéricos	Demon WP (US), Demand CS (US)	
		cipermetrín	Arrivo (MX), Fury (CA), muchos otros genéricos	Demon (US)	
		zeta-cipermetrín	Mustang Maxx (US, MX, CA)	Sevin (US), Triple Crown T&O (US, plus bifenthrin, imidacloprid)	
		deltametrín	Decis (MX, CA, AR), muchos otros genéricos	DeltaGard (US)	
		tau fluvalinato	Mavrik (CA, CH)	Mavrik (US)	
		permetrín	Pounce / Ambush (US, MX, CA, CH)	Astro (US), Permethrin (US)	
3A	Piretrinas <i>Moduladores del canal de sodio</i>	piretrinas	Pyganic (US), Evergreen (MX), Pibutrin (CA)	Pyganic (US), Tersus (US)	amplio espectro

Código MoA IRAC	Clase química o ingrediente activo Modo de acción (MoA)	Ejemplo de ingredientes activos	Ejemplos de nombres comerciales en el área hortícola o de cultivos extensivos	Ejemplos de nombres comerciales en césped/ ornamentales	Plagas controladas
4A	Neonicotinoides <i>Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina</i>	acetamiprid	Assail (US), Rescate (MX, CA), Mospilan (CH, AR), muchos otros genéricos	TriStar (US)	insectos chupadores, escarabajos y trips
		clotianidina	Belay (US), Poncho (MX, CH, AR), Dantotsu (CA)	Arena (US), Aloft (US, plus bifenthrin)	
		dinotefuran	Venom (US, MX), Starkle (CA, CH, AR)	Safari (US), Zylam (US), Transtect (US)	
		imidacloprid	Admire Pro (US), Confidor (MX, CA, CH, AR), muchos otros genéricos	Merit (US), Marathon (US)	
		tiametoxam	Actara (US, MX, CA, CH, AR), Platinum, muchos otros genéricos	Meridian (US), Flagship (US)	
4C	Sulfoximinas <i>Mismo que los neonicotinoides, pero el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo</i>	sulfoxaflor	Closer (US, CA, CH, AR), Transform (US, AR), Toretto (MX)	XXpire (+spinetoram) (US)	insectos chupadores
4D	Butenolides <i>Mismo que los neonicotinoides, pero el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo</i>	flupiradifurona	Sivanto Prime (US, MX, CA, CH), Altus (US)	Altus (US)	insectos chupadores y trips
5	Spinosines <i>Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina-sitio I</i>	spinetoram	Radiant SC, Delegate (US, CH, AR), Exalt (MX, CA, AR) / Palgus (MX)	XXpire (+sulfoxaflor) (US)	trips, orugas y minadores dípteros
		spinosad	Entrust (US), Success (US, MX, CH, AR), Spintor (CA), Blackhawk (US)	Conserve (US), Entrust (US)	
6	Avermectinas <i>Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato</i>	abamectina	Agri-Mek (US, AR), Agrimec (MX), Vertimec (CA), muchos otros genéricos	Avid(US), Lucid (US),Divanem (US),Award II (US), Sirocco (US)	varía según el ingrediente activo. Consulte la etiqueta.
		benzoato de emamectina	Proclaim (US, CA, CH, AR), Denim (MX)	Tree-age (US), Arbormectin (US) Enfold	
7C	Piriproxifén <i>Miméticos de la hormona juvenil</i>	piriproxifén	Knack (US, MX), Epingle/ Sumilarv (CA, AR), Admiral (CH), Esteem (AR)	Esteem (US), Distance (US), Fulcrum (US),Nygard (US)	inmaduros de varias plagas, incluyendo mosca blanca, orugas y hormigas. Consulte la etiqueta.
9B	Derivados de piridina azometina <i>Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotonaes</i>	pimetrozina	Fulfill (US), Plenum (MX), Chess (CA, CH, AR)	Endeavor (US)	principalmente pulgones y mosca blanca
		pyrifluquinazon	PQZ (US), Piriflu (MX)	Rycar (US)	
9D	Piropenos <i>Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotonaes</i>	afidopiropen	Sefina (US), Versys (US, MX, CA, CH)	Ventigra (US)	

Código MoA IRAC	Clase química o ingrediente activo Modo de acción (MoA)	Ejemplo de ingredientes activos	Ejemplos de nombres comerciales en el área hortícola o de cultivos extensivos	Ejemplos de nombres comerciales en césped/ ornamentales	Plagas controladas
10A	Hexitiazox <i>Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando la enzima CHS1</i>	hexitiazox	Savey 50 DF (US, MX), Acarimate (CA)	Hexygon DF (US)	ácaros
10B	Etoxazol <i>Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando la enzima CHS1</i>	etoxazol	Zeal (US), Tetrasan (MX), Borneo (CA, CH)	Beethoven TR (US), TetraSan (US)	
11A	Bacillus thuringiensis y las proteínas insecticidas que produce <i>Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawi</i>	XenTari (US), Agree WG (US)	XenTari (US)	orugas
		<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>galleriae</i>		grubGONE! G (US)	larvas de escarabajos
		<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i>	Vectobac (CA)	Gnatrol (US), Vectobac (CA)	larvas de moscas
		<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	Dipel DF (US, MX, CA, CH, AR), Javelin WG	Dipel Pro DF (US)	orugas
15	Benzoilureas <i>Inhibidores de la biosíntesis de quitina afectando a CHS1</i>	novalurón	Rimon (US, MX, CA, CH, AR), Massada (MX)	Pedestal (US), Suprado (US)	orugas y larvas de escarabajos, trips, mosca blanca y otros insectos chupadores
		diflubenzurón	Dimilin 2L (US, MX, CA, CH, AR)	Dimilin 4L (US)	
16	Buprofezin <i>Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1, homópteros</i>	buprofezin	Courier (US), Applaud (MX, CA, CH, AR)	Talus 70DF (US)	ninfas de mosca blanca, escamas, cochinillas y saltahojas
17	Ciromazina <i>Disruptores de la muda, dípteros</i>	ciromazina	Trigard (US, MX, CA, CH)	Citation (US)	larvas de mosca común y larvas del escarabajo de la papa de Colorado (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>)
18	Diacilhidracinas <i>Agonistas del receptor de ecdisona</i>	metoxifenocida	Intrepid 2F (US, MX, CA, CH, AR)	Intrepid 2F (US)	orugas
		tebufenocida	Confirm 2F (US, MX), Mimic (CH)	Confirm 2F (US)	
20A	Hidrametilnona <i>Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III</i>	hidrametilnona	Amdro Pro (US), Extinguish (US), Amdro (CA)	Amdro Pro (US), Extinguish (US),	hormiga roja de fuego
20B	Acequinocil <i>Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III</i>	acequinocil	Kanemite 15 SC (US, MX, CH, AR)	Shuttle (US)	ácaros
20D	Bifenazato <i>Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III</i>	bifenazato	Acramite 50WS (US, MX, CH, AR), Floramite (MX, AR), Voraz bifenazato (CA)	Floramite (US), Sirocco (US)	ácaros

Código MoA IRAC	Clase química o ingrediente activo Modo de acción (MoA)	Ejemplo de ingredientes activos	Ejemplos de nombres comerciales en el área hortícola o de cultivos extensivos	Ejemplos de nombres comerciales en césped/ ornamentales	Plagas controladas
21A	Acaricidas e insecticidas METI <i>Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I</i>	piridabén	Nexter (US, MX), Voraz piridaben (CA), Sanmite (CH, AR)	Sanmite (US)	ácaros y mosca blanca
		fenpiroximato	Portal XLO (US), Ortus (CA), Acaban (CH), Acarmite (AR)	Akari (US)	
		tolfenpyrad	Torac (US), Avolant / Sumatrus / Portal (MX), Hachi Hachi (CA)	Hachi-Hachi SC (US)	
22A	Indoxacarb <i>Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje</i>	indoxacarb	Avaunt (MX, CA, CH, AR), Ammate (CA), Avaunt eVo (US), Steward (US)	Advion (US), Provaunt (US)	orugas, hormiga roja de fuego y grillos topo
23	Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico <i>Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa</i>	spiromesifén	Oberon (US, MX, CA, CH, AR)	Forbid (US), Judo (US)	ácaros y mosca blanca
		spirotetramat	Movento (US, MX, CA, CH, AR)	Kontos (US)	
25	Cyflumetofen <i>Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II</i>	cyflumetofen	Nealta (US, MX, AR)	Sultan (US)	ácaros
28	Diamidas <i>Moduladores del receptor de la rianodina</i>	clorantraniliprol	Coragen (US, MX, CA, CH), Coragen eVo (AR), Vantacor (US), Altacor (US, AR)	Acelepryn (US)	orugas, minadores dípteros, algunos insectos chupadores y picudos y escarabajos del césped
		cyantraniliprol	Verimark (US, MX, CA, CH, AR), Exirel (US, CH, AR), Benevia (MX, AR), Preza (CA)	Mainspring (US)	
		cyflaniliprol	Harvanta (US, MX), Muteki (CH)		
		tetraniliprol		Tetrino (US)	
29	Fonicamid <i>Moduladores de los órganos cordotoniales - sin punto de acción definido</i>	fonicamid	Beleaf (US, MX), Carbine, Turbine (MX, CH), Mainman (AR)	Aria (US)	pulgones/ áfidos