

# Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas

Nueva versión incluyendo los bio-insecticidas





# Comité de acción contra la resistencia a insecticidas

**Folleto de clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas**

*Versión actualizada en enero 2019*

*Basada en la 6ª edición de IRAC Internacional*

© Copyright 2019 IRAC



## Prólogo

El **M**anejo eficaz de la **R**esistencia a **I**nsecticidas (MRI, del inglés IRM- Insecticide Resistance Management), junto con el **M**anejo **I**ntegrado de **P**lagas (MIP), es fundamental para la protección global de los cultivos, la agricultura sostenible y una mejor salud pública, y es un elemento esencial en una administración del producto responsable.

El **C**omité de **A**cción contra la **R**esistencia a **I**nsecticidas (IRAC España) se formó en el año 2000 como país miembro de IRAC Internacional (creada a su vez en 1984), y está formada por especialistas técnicos de las compañías miembros así como por asesores científicos independientes. IRAC España ofrece una respuesta coordinada de la industria de la protección de las plantas para prevenir o retrasar el desarrollo de resistencia en las plagas de insectos y ácaros en España.

El desarrollo de nuevos insecticidas es cada vez más difícil y costoso, así que es esencial proteger del desarrollo de resistencias los productos eficaces en el mercado. Por otra parte, al aparecer menos insecticidas nuevos y, debido a restricciones legales, reducirse el número de productos antiguos disponibles, la “caja de herramientas” de los insecticidas aplicables se está reduciendo, cobrando el MRI eficaz más importancia que nunca. El sistema de clasificación de modos de acción es una parte clave de la estrategia global de MRI de IRAC.

## Introducción

La clasificación de **Modos de Acción** (MdA) de IRAC proporciona a los agricultores, productores, técnicos y profesionales de la protección de cultivos en general, una guía para seleccionar los insecticidas y/o acaricidas a usar en una estrategia de **Manejo de Resistencia a Insecticidas/ acaricidas** (MRI) eficaz y sostenible. Además de presentar la clasificación de MdA, este documento describe los antecedentes y los propósitos del listado de clasificación e informa de cómo debe utilizarse para un correcto MRI. Este documento de IRAC España presenta la adaptación a la situación española de los MdA propuestos por IRAC Internacional, incluyendo únicamente los grupos y las materias activas de uso actual o futuro en nuestro país. Esta lista es revisada y reeditada de forma periódica, según necesidades, aunque pueden darse cambios en los registros que no queden reflejados en ella.

## ¿Qué es la resistencia?

La resistencia a insecticidas se define como 'un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de un producto para alcanzar los niveles de control esperados al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga' (IRAC). Esta definición difiere de otras publicadas, pero IRAC considera que representa la definición más precisa y práctica de cara a los agricultores y productores. A una situación de resistencia puede llegarse por el 'uso abusivo' o 'mal uso' de un insecticida o acaricida en el control de una plaga, que resulta en la selección de formas resistentes y la consiguiente evolución de las poblaciones que se convierten en resistentes.

## MdA. Resistencia en el punto de acción y resistencia cruzada

En muchos casos, la resistencia no sólo afecta negativamente al compuesto sobre el que se genera, sino que también confiere resistencia cruzada a otros compuestos químicamente relacionados. Esto es debido a que productos de un mismo grupo químico suelen afectar a un punto de acción común, por lo que se considera que comparten un mismo MdA. Una causa habitual de desarrollo de resistencia es una modificación genética en dicho punto de acción. Cuando esto sucede, la interacción entre el compuesto y su punto de acción se ve afectada y el insecticida/acaricida pierde su eficacia. Puesto que todos los compuestos englobados dentro de un grupo químico comparten un mismo MdA, hay un alto riesgo de que la resistencia en el punto de acción existente o desarrollada confiera automáticamente resistencia cruzada a todos los compuestos del mismo grupo. Este es el concepto de resistencia cruzada dentro de una familia de insecticidas o acaricidas químicamente relacionados y supone la base de la clasificación de MdA de IRAC.

## Uso de alternancia o secuencias de diferentes MdA

Las estrategias de **M**anejo de **R**esistencia a **I**nsecticidas (MRI) tienen como objetivo prevenir o retrasar la evolución de resistencias a los insecticidas, o ayudar a que una población de insectos en la que ha aparecido resistencia retome su susceptibilidad. Un MRI eficaz es por tanto un elemento importante para mantener la eficacia de los insecticidas. Es importante reconocer que normalmente es más sencillo prevenir proactivamente la aparición de una resistencia que recuperar su susceptibilidad de forma reactiva. En cualquier caso, la clasificación del MdA de IRAC siempre proporcionará información valiosa para el diseño de estrategias eficaces de MRI.

La experiencia ha demostrado que todos los manejos de resistencia a insecticidas y acaricidas eficaces tratan de minimizar la selección de resistencia para cada tipo de insecticida o acaricida. En la práctica, las alternancias, secuencias o rotaciones de compuestos con diferentes grupos de MdA son una recomendación sostenible y eficaz en MRI, lo que minimiza la selección para cada grupo de MdA. El sistema de clasificación de IRAC proporcionado mediante este documento es una ayuda para seleccionar los insecticidas adecuados en estos tipos de estrategias de MRI. Ejemplo:



Las aplicaciones se suelen agrupar en series o bloques de MdA que se definen por el estado de desarrollo del cultivo y la biología de la plaga en cuestión. El asesoramiento de expertos locales siempre debería ser tenido en cuenta con respecto a las series y tiempos de aplicación. Puede ser aceptable realizar varias aplicaciones repetidas con productos de un mismo MdA dentro de cada serie de aplicaciones, pero entonces las generaciones sucesivas de la plaga no deben ser tratadas con compuestos del mismo MdA. Los grupos 'UN', 'UNE', 'UNF' y 'UNM' son una excepción, pues a priori no contienen compuestos que actúen sobre un punto de acción común, y por lo tanto, la alternancia de compuestos dentro del grupo estaría permitida.

## Mecanismos de resistencia no basados en el punto de acción

Está demostrado que la resistencia de los insectos y ácaros a los insecticidas y acaricidas puede, y frecuentemente lo hace, ser el resultado de un incremento del metabolismo (actividad enzimática) de la plaga. Estos mecanismos de resistencia metabólica no están ligados a ningún punto de acción específico y, por tanto, pueden conferir resistencia a insecticidas de más de un grupo de MdA.

Cuando se haya descrito este tipo de resistencia metabólica y se conozca el espectro de la resistencia cruzada, es posible que ciertas alternancias, secuencias o rotaciones de ciertos grupos de MdA no puedan utilizarse. Del mismo modo, existen mecanismos de penetración reducida del producto fitosanitario dentro del insecto o cambios en el comportamiento del insecto que también pueden conferir resistencia a múltiples grupos de MdA. Cuando se sabe que dichos mecanismos aportan resistencia cruzada entre grupos de MdA, el uso de los insecticidas deberá ser modificado convenientemente. Cuando el o los mecanismos de resistencia no son conocidos, el uso inteligente de alternancias, secuencias o rotaciones de compuestos de diferentes clases de MdA sigue siendo una técnica de manejo de resistencias plenamente válida, puesto que dicha práctica siempre minimizará las presiones de selección.

## Normas para la inclusión de un compuesto en el listado de MdA

- La nomenclatura se basa en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios del **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación** español (MAPA).
- Para ser incluidos en el listado, los compuestos deben tener, o estar muy próximos a obtener, un mínimo de un uso registrado en España. Esta publicación no tiene carácter oficial sino simplemente divulgativo, por lo que la presencia de una materia activa en la lista no implica de forma explícita que esté disponible comercialmente en España.
- Si un subgrupo de la clasificación de MdA presenta más de una materia activa con uso autorizado, se utilizará el nombre químico del subgrupo para definirlo.
- Si un subgrupo de la clasificación de MdA sólo presenta una materia activa con uso autorizado, se podrá utilizar el nombre de esta materia activa como indicativo del subgrupo.

## Clasificación del modo de acción - IRAC España (Enero 2019)<sup>1</sup>

**Fisiología:** ■ Nervioso y muscular ■ Crecimiento y desarrollo ■ Respiración ■ Digestivo ■ Desconocido o no específico

Grupo principal/ Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
<b>1. Inhibidores de la acetilcolinesterasa.</b> Sistema nervioso	<b>1A</b> Carbamatos	Formetanato, metiocarb, metomilo, oxamilo, pirimicarb.
	<b>1B</b> Organofosforados	Clorpirifos, dimetoato, etoprofós, fenamifós, fosmet, fostiazato, malatión, metil-clorpirifos, metil-pirimifós.
<b>3. Moduladores del canal de sodio.</b> Sistema nervioso	<b>3A</b> Piretroides Piretrinas	Acrinatrín, alfa-cipermetrín, betaciflutrín, cipermetrín, deltametrín, esfenvalerato, etofenprox, teflutrín, lambda-cihalotrín, tau-fluvalinato, zeta-cipermetrín. Piretrinas.
<b>4. Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina.</b> Sistema nervioso *(Ver nota a pie de tabla)	<b>4A</b> Neonicotinoides	Acetamiprid, clotianidina, imidacloprid, tiacloprid, tiametoxam.
	<b>4C</b> Sulfoximinas	Sulfoxaflor.
	<b>4D</b> Butenolides	( <i>Flupiradifurona</i> ).

\* Nota:

**4A, 4C & 4D**

Aunque se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.

<b>5. Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina – sitio I.</b> Sistema nervioso	Spinosines	Spinetoram, spinosad.
<b>6. Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato.</b> Sistema nervioso y muscular	Avermectinas Milbemectinas	Abamectina, emamectina, milbemectina.
<b>7. Miméticos de la hormona juvenil.</b> Regulación del crecimiento	<b>7B</b> Fenoxicarb	Fenoxicarb.
	<b>7C</b> Piriproxifén	Piriproxifén.
<b>8. Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)<sup>2</sup>.</b>	<b>8C</b> Fluoruros	Fluoruro de sulfuro.
	<b>8F</b> Generadores de isotiocianato de metilo	Dazomet, metam.
<b>9. Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotonaes</b> Sistema nervioso	<b>9B</b> Derivados de piridina azometina	Pimetrozina.
<b>10. Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1.</b> Regulación del crecimiento	<b>10A</b> Clofentezín Hexitiazox <i>** (Ver nota a pie de tabla)</i>	Clofentezín, hexitiazox.
	<b>10B</b> Etoxazol	Etoxazol.

\*\* Nota:

**10A**

Clofentezín y hexitiazox han sido agrupados puesto que muestran resistencia cruzada a pesar de ser estructuralmente distintos y se desconoce el punto de acción para estos compuestos.

Grupo principal/ Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
<b>11. Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos.</b> Sistema digestivo	<b>11A</b> <i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas insecticidas que producen. ***(Ver nota a pie de tabla)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> (cepa AM65-52), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (cepas GC-91, ABTS-1857), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG 2348, PB-54, SA-11, SA-12), <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> (cepa NB 176).
<b>15. Inhibidores de la biosíntesis de quitina afectando CHS1.</b> Regulación del crecimiento	Benzoilureas	Diflubenzurón, lufenurón, triflumurón.
<b>16. Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1.</b> Regulación del crecimiento	Buprofezín	Buprofezín.
<b>17. Disruptores de la muda, dípteros.</b> Regulación del crecimiento	Ciromazina	Ciromazina.
<b>18. Agonistas del receptor de ecdisona.</b> Regulación del crecimiento	Diacilhidracinas	Metoxifenocida, tebufenocida.

\*\*\* Nota:

**11A**

Diferentes productos Bt que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de la resistencia. La rotación entre ciertos productos microbianos Bt específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de la resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.

<b>20. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III.</b> Metabolismo de la energía	<b>20B</b> Acequinocil	Acequinocil.
	<b>20D</b> Bifenazato	Bifenazato.
<b>21. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I.</b> Metabolismo de la energía	<b>21A</b> Acaricidas e insecticidas METI	Fenazaquín, fenpiroximato, piridabén, tebufenpirad.
<b>22. Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje.</b> Sistema nervioso ****(Ver nota a pie de tabla)	<b>22A</b> Oxadiazinas	Indoxacarb.
	<b>22B</b> Semicarbazonas	Metaflumizona.
<b>23. Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa.</b> Síntesis lipídica, regulación del crecimiento	Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico	Spirodiclofén, spiromesifén, spirotetramat.
<b>24. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV.</b> Metabolismo de la energía	<b>24A</b> Fosfinas	Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio.
<b>25. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II.</b> Metabolismo de la energía	<b>25A</b> Derivados del beta-cetonitrilo	Ciflumetofén.

\*\*\*\* Nota:  
**22A & 22B**

A pesar de que se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia cruzada metabólica entre subgrupos es bajo.

Grupo principal/ Punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
<b>28. Moduladores del receptor de la rianodina.</b> Sistema nervioso y muscular	Diamidas	Ciantraniliprol, clorantraniliprol.
<b>29. Moduladores de los órganos cordotonales - sin punto de acción definido.</b> Sistema nervioso	Flonicamid	Flonicamid.
<b>31. Baculovirus. Virus patógenos ocluidos específicos del huésped.</b> Sistema digestivo ***** <i>(Ver nota a pie de tabla)</i>	Granulovirus (GVs) Nucleopoliedrovirus (NPVs)	<i>Cydia pomonella</i> GV (aislados V15, V22, Mexicano y R5), <i>Helicoverpa armigera</i> NPV (cepa HearNPV-BV0003). <i>Spodoptera littoralis</i> NPV (cepa SpliNPV-BV0005).
<b>UN Compuestos de modo de acción desconocido o incierto<sup>2,3</sup>.</b>	Azadiractín	Azadiractín.
	Azufre	Azufre.
	Polisulfuro de calcio	Polisulfuro de calcio.
	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales.
<b>UNE Extractos vegetales y aceites crudos de MdA desconocido o incierto<sup>2,3</sup>.</b>	Aceites crudos Mezcla de terpenoides	Aceite de naranja. <i>(Mezcla de terpenoides QRD 460).</i>

\*\*\*\*\* Nota:

31

Los diferentes baculovirus que actúan contra distintos órdenes de insectos pueden ser usados juntos sin comprometer su manejo de la resistencia. La rotación entre ciertos baculovirus específicos puede resultar beneficiosa en el manejo de la resistencia para algunas plagas. Consulte las recomendaciones específicas del producto.

UNF Hongos entomopatógenos de MdA desconocido o incierto <sup>2,3</sup> .		<i>Beauveria bassiana</i> (cepas ATCC 74040, GHA), <i>Lecanicillium muscarium</i> (antes <i>Verticillium lecani</i> ) (cepa Ve6), <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> ( <i>Isaria fumosorosea</i> ) (cepa FE 9901), <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> (cepa F52).
UNM Disruptores mecánicos no específicos <sup>2,3</sup> .		Aceites de parafina. Maltodextrina. Tierra de diatomeas.

**Fisiología:**  Nervioso y muscular  Crecimiento y desarrollo  Respiración  Digestivo  Desconocido o no específico

El esquema de color empleado asocia modos de acción con categorías generales basadas en las funciones fisiológicas afectadas, como una ayuda para la comprensión de la sintomatología, la rapidez de acción y otras propiedades de los insecticidas, y no para cualquier propósito de manejo de la resistencia. **Las rotaciones para el manejo de la resistencia deben basarse únicamente en los grupos numerados de modos de acción.**

#### Notas a considerar en relación a esta clasificación:

La asignación de un modo de acción implica por lo general la identificación de la proteína responsable del efecto biológico, aunque se pueden agrupar agentes insecticidas cuando comparten efectos fisiológicos característicos y están estructuralmente relacionados.

(*Sustancias en gris entre paréntesis*): Aquellas presentadas para su registro en España pero todavía sin autorización de uso concedida.

<sup>1</sup> La inclusión de una sustancia en esta lista no significa que esté registrada en España. Se han eliminado los grupos que no poseen representantes actualmente autorizados en España, o que no estén en vías de registro.

<sup>2</sup> A priori las sustancias de estos grupos no comparten un punto de acción común y por lo tanto pueden ser rotadas libremente entre sí a menos que haya razones para esperar resistencia cruzada. Estos grupos son el 8, el UN, UNE, UNF y UNM.

<sup>3</sup> Un agente insecticida con un MdA desconocido o controvertido o modo de toxicidad desconocido se mantendrá en la categoría 'UN' o 'UNE', 'UNF', 'UNM' hasta que se tengan evidencias que permitan clasificarlo en el grupo de MdA más apropiado.

### **Subgrupos:**

Los subgrupos representan distintas clases químicas que se cree que poseen el mismo modo de acción, pero son lo suficientemente diferentes en su estructura química o modo de interacción con la proteína diana (punto de acción) que la posibilidad de selección de resistencia cruzada, tanto metabólica como en el punto de acción, se reduce con respecto a los compuestos análogos más cercanos. Los subgrupos también pueden diferenciar compuestos que son químicamente similares, pero se sabe que actúan de manera diferente en el punto de acción o que tienen selectividad diferencial entre múltiples puntos de acción. Se debe proporcionar la evidencia que respalde la falta de resistencia cruzada entre los compuestos existentes dentro del Grupo y la propuesta del nuevo ingrediente activo para respaldar el subgrupo. Esto debería incluir estudios basados en bioensayos y proporcionar ratios de resistencia cuantificables entre cepas susceptibles y resistentes.

La posibilidad de resistencia cruzada entre subgrupos es mayor que entre los distintos grupos, por lo que la rotación entre subgrupos debe ser evitada. En circunstancias excepcionales (es decir, cuando no haya disponibles insecticidas registrados eficaces de otro grupo de modo de acción), se podría considerar la rotación, previa consulta con técnicos expertos locales y cuando no exista resistencia cruzada. Estas excepciones no deben considerarse estrategias de manejo de resistencia sostenible, y se deben buscar opciones alternativas para mantener la susceptibilidad de plagas.

### **Notas generales:**

- Para más detalles sobre el grupo de clasificación del MdA consultar el apartado de características más adelante.
- Este documento ha sido preparado utilizando la información más actual disponible por parte de IRAC. Se proporciona a grupos de usuarios, organizaciones de productores, personal relacionado, autoridades y toda aquella persona u organización implicada en el manejo de resistencia, a modo de declaración definitiva acordada por parte de la industria de protección de las plantas sobre los modos de acción de los insecticidas y acaricidas actualmente en uso.
- La clasificación de MdA de IRAC es revisada y reeditada periódicamente según sea necesario. La última versión está siempre disponible para ser consultada en la página web de IRAC ([www.irac-online.org/countries/spain/](http://www.irac-online.org/countries/spain/)).
- La presentación de nuevas materias activas junto con las recomendaciones para su inclusión en un determinado grupo ya sea nuevo o existente, junto con las citas o pruebas para su clasificación deben enviarse a IRAC a través de su página web. Se solicita cortésmente a los lectores que informen a IRAC de posibles errores u omisiones encontrados. Dicha comunicación debe dirigirse a IRAC a través de su correo electrónico [irac@aepla.es](mailto:irac@aepla.es). Las sugerencias de mejora serán igualmente bienvenidas.

- Las compañías miembro de IRAC revisan borradores preliminares antes de acordar la versión final actualizada a publicar. Además se consulta con reconocidos toxicólogos y bioquímicos internacionales especializados en insectos para realizar cambios en el listado.
- No figuran en el listado aquellos compuestos ilegales, obsoletos o retirados para los que actualmente no existe ningún uso registrado, a excepción de aquellos que están en proceso de registro, y que se presentan entre paréntesis y cursiva.

## Principios de MRI recomendados y aprobados por IRAC (I)

- a. Consulte a los Servicios Oficiales o Técnicos de su zona para conocer los programas recomendados de Producción Integrada y de MRI (**M**anejo de **R**esistencia a **I**nsecticidas).
- b. Considere las opciones disponibles para minimizar el uso de insecticidas, seleccionando variedades tolerantes a plagas o de maduración temprana.
- c. Combine medidas de control biológico y cultural, que estén en armonía con programas efectivos de MRI. Adopte todas las técnicas no-químicas conocidas para controlar o eliminar las poblaciones plaga, incluyendo la aplicación de productos biológicos como Bt, variedades resistentes, acotar áreas de refugio (zonas no tratadas) y rotación de cultivos.
- d. Cuando sea posible, seleccione insecticidas y otras herramientas de control que respeten la fauna útil.
- e. Use los productos a la dosis exacta recomendada en la etiqueta. El uso de dosis menores (subletales) selecciona rápidamente poblaciones medianamente tolerantes, mientras que dosis mayores a las recomendadas pueden imponer presiones de selección excesivas, favoreciendo también la aparición de resistencias.
- f. Para aplicar insecticidas, utilice equipos apropiados y en buen estado de mantenimiento. Siga las recomendaciones de volumen de caldo, presión de aplicación y temperaturas óptimas para conseguir la mejor cobertura posible de la vegetación.

## Principios de MRI recomendados y aprobados por IRAC (II)

- g.** Cuando se controlen estadios larvarios, procure tratar contra los primeros, ya que suelen ser mucho más susceptibles y, por lo tanto, mucho mejor controlados por los insecticidas que estadios posteriores.
- h.** Utilice los umbrales económicos adecuados así como los intervalos de aplicación.
- i.** Siga las recomendaciones de la etiqueta o los consejos de técnicos expertos para decidir sobre la alternancia o las secuencias entre productos de distinto modo de acción como parte de una estrategia de MRI.
- j.** Cuando se realicen múltiples aplicaciones por año o campaña, alterne productos con distinto **Modo de Acción (MdA)**.
- k.** En caso de fallo de control, no vuelva a usar el mismo producto y cambie a un producto perteneciente a otro grupo con diferente MdA que no tenga resistencia cruzada conocida con el inicial.
- l.** Las mezclas pueden contribuir a solucionar los problemas de falta de control a corto plazo, pero es esencial asegurar que cada componente de la mezcla pertenece a un grupo distinto según su MdA, y que cada componente se usa a su dosis completa.
- m.** Debe considerarse el seguimiento de la incidencia de aparición de resistencias en situaciones comercialmente importantes y medir los niveles de control obtenidos.
- n.** Si aparecen resistencias a un producto, una estrategia adecuada (cuando existan suficientes alternativas químicas que permitan mantener un control efectivo) puede ser dejar de usar dicho producto hasta que se recupere la susceptibilidad al mismo.

## Características de grupos de clasificación del MdA (I)

### ACCIÓN SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO O MUSCULAR

La mayoría de los insecticidas actúan sobre el sistema nervioso o muscular. Generalmente suelen ser de acción rápida.

#### ***Grupo 1 Inhibidores de la acetilcolinesterasa***

Inhiben la acetilcolinesterasa, causando hiperexcitación. La acetilcolinesterasa es la enzima que finaliza la acción de excitación neurotransmisora de la acetilcolina en la sinapsis nerviosa.

#### ***Grupo 3 Moduladores del canal de sodio***

Mantienen abiertos los canales de sodio, causando hiperexcitación y, en algunos casos, bloqueo nervioso. Los canales de sodio están implicados en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos.

#### ***Grupo 4 Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina***

Se unen al sitio de la acetilcolina en el receptor, provocando una serie de síntomas desde hiperexcitación a letargia y parálisis. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.

#### ***Grupo 5 Activadores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina - Sitio I***

Activan alostéricamente los receptores, provocando la hiperexcitación del sistema nervioso. La acetilcolina es el principal neurotransmisor excitador en el sistema nervioso central del insecto.

#### ***Grupo 6 Activadores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato***

Activan alostéricamente el glutamato en canales de cloro, causando parálisis. El glutamato es un importante neurotransmisor inhibitorio en insectos.

## Características de grupos de clasificación del MdA (II)

### ***Grupo 9 Moduladores del canal TRPV de los órganos cordotonales.***

Unirse e interrumpir la entrada de los complejos Nan-lav del canal TRPV (Receptor de potencial transitorio vaniloide) en órganos cordotonales receptores de estiramiento, que son críticos para los sentidos de la gravedad, el equilibrio, la propiocepción y la cinestesia. Esto provoca una alteración en la alimentación y otros comportamientos de los insectos.

### ***Grupo 22 Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje***

Bloquean los canales de sodio, causando el colapso del sistema nervioso y parálisis.

Los canales de sodio están implicados en la propagación de potenciales de acción a lo largo de los axones nerviosos.

### ***Grupo 28 Moduladores del receptor de la rianodina***

Activan los receptores musculares de la rianodina, lo que provoca contracción y parálisis. Los receptores de la rianodina intervienen en la liberación de calcio en el citoplasma desde las reservas intracelulares.

### ***Grupo 29 Moduladores de los órganos cordotonales – sin punto de acción definido***

Interrumpen la función de los órganos cordotonales receptores de estiramiento, que son críticos para los sentidos de la gravedad, el equilibrio, la propiocepción y la cinestesia. Esto interrumpe la alimentación y otros comportamientos de los insectos. Al contrario que el grupo 9, los insecticidas del grupo 29 no se unen al complejo Nan-lav del canal TRPV.

## ACCIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El desarrollo de los insectos está controlado por el equilibrio de dos hormonas principales: la hormona juvenil y la ecdisona. Los reguladores del crecimiento de los insectos actúan imitando una de estas hormonas o perturbando directamente la formación/deposición de la cutícula o la biosíntesis de lípidos. Los insecticidas que actúan sobre los distintos objetivos de este sistema, son generalmente de acción lenta a moderadamente lenta.

### ***Grupo 7 Miméticos de la hormona juvenil***

Aplicados en el estadio premetamórfico, estos compuestos interrumpen e impiden la metamorfosis.

### ***Grupo 10 Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1***

Inhiben la enzima que cataliza la polimerización de quitina.

### ***Grupo 15 Inhibidores de la biosíntesis de quitina afectando CHS1***

Inhiben la enzima que cataliza la polimerización de quitina.

### ***Grupo 16 Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1***

MdA no completamente definido que causa inhibición de la biosíntesis de quitina en una serie de insectos, incluyendo mosca blanca.

### ***Grupo 17 Disruptores de la muda, dípteros***

MdA no completamente definido que causa interrupción de la muda.

### ***Grupo 18 Agonistas del receptor de ecdisona***

Imitan la hormona de la muda, la ecdisona, induciendo una muda precoz.

### ***Grupo 23 Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa***

Inhiben la coenzima acetil A carboxilasa, que forma parte del primer paso de la biosíntesis de los lípidos, causando la muerte del insecto.

## Características de grupos de clasificación del MdA (III)

### ACCIÓN SOBRE LA RESPIRACIÓN

La respiración mitocondrial produce ATP, la molécula que da energía a todos los procesos celulares vitales. En las mitocondrias, una cadena de transporte de electrones almacena la energía generada por la oxidación en forma de un gradiente de protones, lo que genera la síntesis de ATP. Varios insecticidas son conocidos por interferir en la respiración mitocondrial mediante la inhibición del transporte de electrones y/o la fosforilación oxidativa. Los insecticidas que actúan sobre los distintos puntos de este sistema son generalmente de acción rápida a moderadamente rápida.

#### ***Grupo 20 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III***

Inhiben el transporte de electrones en el complejo III, impidiendo el uso de la energía por las células.

#### ***Grupo 21 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I***

Inhiben el transporte de electrones en el complejo I, impidiendo el uso de la energía por las células.

#### ***Grupo 24 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV***

Inhiben el transporte de electrones en el complejo IV, impidiendo el uso de la energía por las células.

#### ***Grupo 25 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II***

Inhiben el transporte de electrones en el complejo II, impidiendo el uso de la energía por las células.

### ACCIÓN SOBRE EL SISTEMA DIGESTIVO

Toxinas microbianas específicas de lepidópteros (aplicadas mediante pulverización o expresadas en variedades de cultivos transgénicos) y baculovirus.

### ***Grupo 11 Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos***

Toxinas de proteínas que se unen a receptores en la membrana del intestino medio e inducen la formación de poros, provocando desequilibrio iónico y septicemia.

### ***Grupo 31 Virus patógenos ocluidos específicos del huésped***

Las proteínas PIF (Per os Infectivity Factor) propias de los baculovirus infectan el intestino medio. Esta infección en última instancia conduce a la muerte del insecto. Se desconocen los sitios de unión de las PIF en el intestino medio pero se piensa que son específicos para cada baculovirus.

### **MODO DE ACCIÓN NO CONOCIDO O INCIERTO**

Varios insecticidas que afectan a funciones o puntos de acción de un modo menos conocido, o actúan inespecíficamente sobre varios puntos.

### ***Grupo 8 - Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)***

### ***Grupo UN - Compuestos de modo de acción desconocido o incierto***

### ***Grupo UNE - Extractos vegetales y aceites crudos de modo de acción desconocido o incierto***

### ***Grupo UNF - Hongos entomopatógenos de modo de acción desconocido o incierto***

### ***Grupo UNM - Disruptores mecánicos no específicos***

## Ingredientes activos por orden alfabético con su clasificación del MdA (I)

Abamectina	6	Betaciflutrín	3A	Esfenvalerato	3A
Aceite de naranja	UNE	Bifenazato	20D	Etofenprox	3A
Aceites de parafina	UNM	Buprofezín	16	Etoprofós	1B
Acequinocil	20B	Ciantraniliprol	28	Etoxazol	10B
Acetamiprid	4A	Ciflumetofén	25A	Fenamifós	1B
Acrinatrín	3A	Cipermetrín	3A	Fenazaquín	21A
Alfa-cipermetrín	3A	Ciromazina	17	Fenoxicarb	7B
Azadiractín	UN	Clofentezín	10A	Fenpiroximato	21A
Azufre	UN	Clorantraniliprol	28	Flonicamid	29
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (cepas GC-91, ABTS-1857)	11A	Clorpirifos	1B	Fluoruro de sulfuro	8C
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> (cepa AM65-52)	11A	Clotianidina	4A	( <i>Flupiradifurona</i> )	4D
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG 2348, PB-54, SA-11, SA-12)	11A	<i>Cydia pomonella</i> GV (aislados Mexicano, R5, V15 y V22)	31	Formetanato	1A
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> (cepa NB 176)	11A	Dazomet	8F	Fosfuro de aluminio	24A
		Deltametrín	3A	Fosfuro de magnesio	24A
		Diflubenzurón	15	Fosmet	1B
		Dimetoato	1B	Fostiazato	1B
<i>Beauveria bassiana</i> (cepas ATCC 74040, GHA)	UNF	Emamectina	6	<i>Helicoverpa armigera</i> NPV (cepa HearNPV-BV0003)	31

## Ingredientes activos por orden alfabético con su clasificación del MdA (II)

Hexitiazox	10A	(Mezcla de terpenoides QRD 460)	UNE	<i>Spodoptera littoralis</i> NPV (cepa SpliNPV-BV0005)	31
Imidacloprid	4A	Milbemectina	6	Sulfoxaflor	4C
Indoxacarb	22A	Oxamilo	1A	Tau-fluvalinato	3A
Lambda-cihalotrín	3A	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> (cepa FE 9901)	UNF	Tebufenocida	18
<i>Lecanicillium muscarium</i> (antes <i>Verticillium lecani</i> ) (cepa Ve6)	UNF	Pimetrozina	9B	Tebufenpirad	21A
Lufenurón	15	Piretrinas	3A	Teflutrín	3A
Malatión	1B	Piridabén	21A	Tiacloprid	4A
Maltodextrina	UNM	Pirimicarb	1A	Tiametoxam	4A
Metaflumizona	22B	Piriproxifén	7C	Tierra de diatomeas	UNM
Metam	8F	Polisulfuro de calcio	UN	Triflumurón	15
<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> (cepa F52)	UNF	Sales potásicas de ácidos grasos vegetales	UN	Zeta-cipermetrín	3A
Metil-Clorpirifos	1B	Spinetoram	5		
Metil-Pirimifós	1B	Spinosad	5		
Metiocarb	1A	Spirodiclofén	23		
Metomilo	1A	Spiromesifén	23		
Metoxifenocida	18	Spirotetramat	23		

Fotografías cedidas por:

Portada

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24

1. Syngenta

2. R. Pospischil

3. Dupont

4. N. Armes

5. S. Bauer, USDA

6. S. Bauer, USDA

7. Syngenta

8. W.Cranshaw \*

9. Syngenta

10. R. Pospischil

11. S. Villareal, IRRI

12. Syngenta

13. W.Cranshaw \*

14. Blake Layton \*\*

15. W.Cranshaw \*

16. James Gathany, CDC

17. S. Bauer, USDA

18. F. Haile, Dow Agrosciences

19. A. McCaffery

20. BASF

21. J.Reed \*\*

22. Bayer CropScience

23. N. Armes

24. Bayer CropScience

\* Colorado State University

\*\* Mississippi State University

Los detalles y créditos de las fotografías son correctos según nuestro leal saber y entender.

Para más información contacte con las páginas web de IRAC Internacional o IRAC España en:

[www.irac-online.org](http://www.irac-online.org)

[www.irac-online.org/countries/spain/](http://www.irac-online.org/countries/spain/)

Este folleto tiene fines meramente educativos. A nuestro entender la información mostrada es correcta pero IRAC y sus empresas asociadas no se hacen responsables del uso o interpretación que se haga de ella. Siempre debe consultar a Servicios oficiales o técnicos locales y seguir las recomendaciones de seguridad y salud.



**IRAC**  
España

[www.irc-online.org/countries/spain/](http://www.irc-online.org/countries/spain/)  
Comité de acción contra la resistencia a insecticidas

