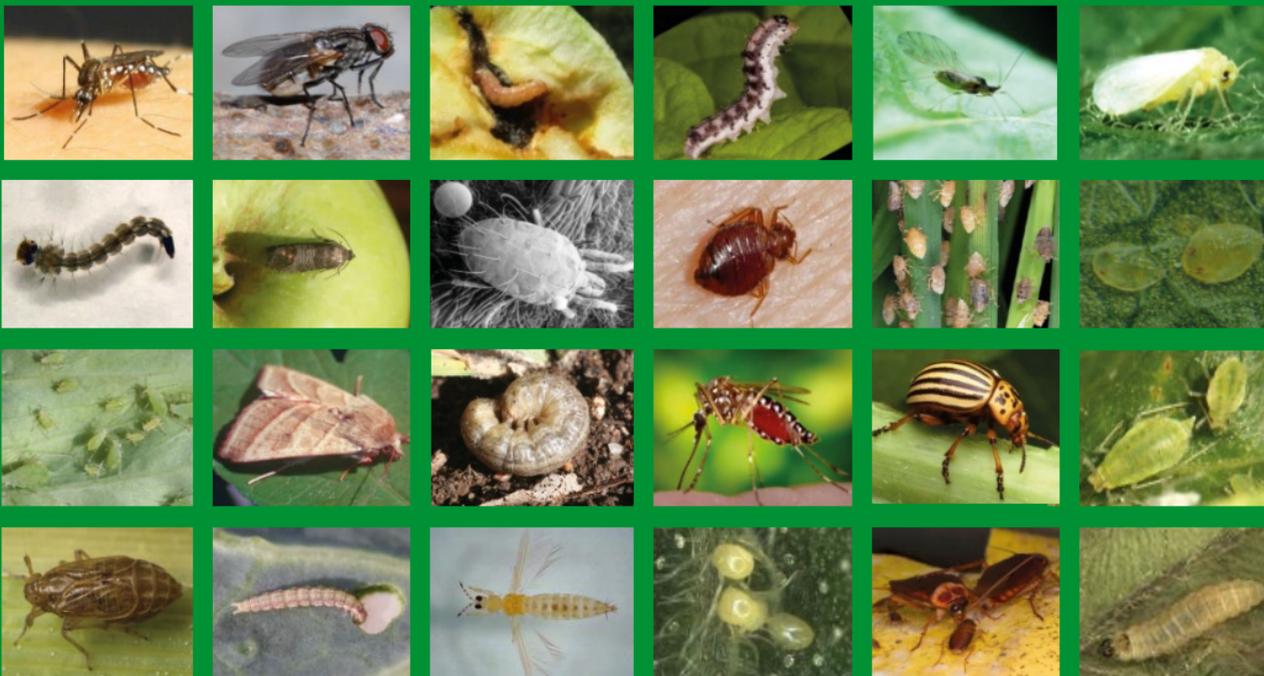


# Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas





# Comité de acción contra la resistencia a insecticidas

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

*Versión actualizada en enero 2022*

*Basada en la 6ª edición de IRAC Internacional*

© Copyright 2022 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 Integrado 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 formado 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 productos 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 sustancias 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 Darwiniana de formas resistentes de la plaga y la consiguiente evolución de las poblaciones que se convierten en resistentes a ese insecticida o acaricida.

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

En muchos casos, la resistencia no sólo afecta negativamente al agente insecticida/acaricida sobre el que se genera, sino que también confiere resistencia cruzada a otros agentes estructuralmente relacionados. Esto es debido a que agentes con semejanza estructural 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 agente insecticida/acaricida y su punto de acción se ve afectada y éste pierde su eficacia. Puesto que todos los agentes insecticidas y acaricidas con semejanza estructural 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 estructuralmente 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 agentes insecticidas o acaricidas 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 agentes insecticidas de un mismo MdA dentro de cada serie de aplicaciones, pero entonces las generaciones sucesivas de la plaga no deben ser tratadas con agentes insecticidas del mismo MdA. Los grupos '8', '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 **M**inisterio de **A**gricultura, **P**esca y **A**limentación 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 sustancia 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 sustancia activa con uso autorizado, se utilizará el nombre químico del subgrupo para definirlo.
- Si un subgrupo de la clasificación de MdA sólo presenta una sustancia activa con uso autorizado, se podrá utilizar el nombre de esta sustancia activa como indicativo del subgrupo.

## Clasificación del modo de acción - IRAC España (Enero 2022)<sup>1</sup>

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

| Grupo principal y Punto de acción primario   | Subgrupo, clase o sustancia activa representativa | Sustancias activas con registro en España  |
|--|---|--|
| <b>1. Inhibidores de la acetilcolinesterasa.</b><br>Sistema nervioso   | 1A Carbamatos                                     | Formetanato, oxamilo, pirimicarb.  |
|  | 1B Organofosforados                               | Fosmet, fostiazato, metil-pirimifós.   |
| <b>3. Moduladores del canal de sodio.</b><br>Sistema nervioso  | <b>3A</b> Piretroides<br>Piretrinas               | Acrinatrín, alfa-cipermetrín, cipermetrín, deltametrín, esfenvalerato, etofenprox, lambda-cihalotrin, teflutrin, tau-fluvalinato.<br><br>Piretrinas. |
| <b>4. Moduladores competitivos del receptor nicotínico de la acetilcolina.</b><br>Sistema nervioso<br>*(Ver nota a pie de tabla) | 4A Neonicotinoides                                | Acetamidiprid.   |
|  | 4C Sulfoximinas                                   | Sulfoxaflor.   |
|  | 4D Butenolides                                    | Flupiradifurona.   |
| <b>5. Moduladores alostéricos del receptor nicotínico de la acetilcolina – sitio I.</b><br>Sistema nervioso                      | Spinosines  | Spinetoram, spinosad.  |

\* Nota: 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.

| Grupo principal y Punto de acción primario  | Subgrupo, clase o sustancia activa representativa   | Sustancias activas con registro en España  |
|---|---|--|
| <b>6. Moduladores alostéricos del canal de cloro dependiente de glutamato.</b><br>Sistema nervioso y muscular | Avermectinas<br>Milbemectinas   | Abamectina, emamectina, milbemectina.  |
| <b>7. Miméticos de la hormona juvenil.</b><br>Regulación del crecimiento                                      | 7C Piriproxifén   | Piriproxifén.  |
| <b>8. Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio)<sup>2</sup>.</b>                                      | 8C Fluoruros  | Fluoruro de sulfuro.   |
| <b>10. Inhibidores del crecimiento de ácaros afectando CHS1.</b><br>Regulación del crecimiento                | <b>10A</b> Clofentezín<br>Hexitiazox<br>** <i>(Ver nota a pie de tabla)</i>   | Clofentezín, hexitiazox.   |
|   | <b>10B</b> Etoxazol   | Etoxazol.  |
| <b>11. Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos.</b><br>Sistema digestivo              | <b>11A</b> <i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas insecticidas que producen.<br>*** <i>(Ver nota a pie de tabla)</i> | <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> (cepa AM65-52),<br><i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (cepas GC-91, ABTS-1857),<br><i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG 2348, PB-54, SA-11, SA-12), |

\*\* Nota:

**10A** Clofentezín y hexitiazox han sido agrupados puesto que muestran resistencia cruzada a pesar de ser estructuralmente distintos.

\*\*\* 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.

| Grupo principal y Punto de acción primario  | Subgrupo, clase o sustancia activa representativa | Sustancias activas con registro en España           |
|---|---|---|
| <b>16. Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 1.</b><br>Regulación del crecimiento                                  | Buprofezín  | Buprofezín.   |
| <b>18. Agonistas del receptor de ecdisona.</b><br>Regulación del crecimiento  | Diacilhidracinas                                  | Metoxifenocida, tebufenocida.                       |
| <b>20. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III - sitio Qo</b><br>Metabolismo de la energía | 20B Acequinocil                                   | Acequinocil.  |
|   | 20D Bifenazato                                    | Bifenazato.   |
| <b>21. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I.</b><br>Metabolismo de la energía             | 21A Acaricidas e insecticidas METI                | Fenazaquín, fenpiroximato, piridabén, tebufenpirad. |
| <b>22. Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje.</b><br>Sistema nervioso<br>****(Ver nota a pie de tabla)    | 22A Oxadiazinas                                   | Indoxacarb.   |
|   | 22B Semicarbazonas                                | Metaflumizona.                                      |
| <b>23. Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa.</b><br>Síntesis lipídica, regulación del crecimiento                       | Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico     | Spiromesifén, spirotetramat.                        |

\*\*\*\* 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 y Punto de acción primario   | Subgrupo, clase o sustancia activa representativa | Sustancias activas con registro en España   |
|--|---|---|
| <b>24. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV.</b><br>Metabolismo de la energía                         | <b>24A</b> Fosfuros                               | Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio.   |
| <b>25. Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial II.</b><br>Metabolismo de la energía                         | <b>25A</b> Derivados del beta-cetonitrilo         | Ciflumetofén.   |
| <b>28. Moduladores del receptor de la rianodina.</b><br>Sistema nervioso y muscular  | Diamidas  | Ciantraniliprol, clorantraniliprol.   |
| <b>29. Moduladores de los órganos cordotonaes - sin punto de acción definido.</b><br>Sistema nervioso                                    | Flonicamid  | Flonicamid.   |
| <b>31. Baculovirus. Virus patógenos ocluidos específicos del huésped.</b><br>Sistema digestivo<br>***** <i>(Ver nota a pie de tabla)</i> | Granulovirus (GVs)                                | <i>Cydia pomonella</i> GV<br>(aislados Mexicano, R5, V15 y V22).  |
|  | Nucleopoliedrovirus (NPVs)                        | <i>Helicoverpa armigera</i> NPV<br>(cepa HearNPV-BV0003).<br><i>Spodoptera littoralis</i> NPV<br>(cepa SpliNPV-BV0005). |

\*\*\*\*\* 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.

| Grupo principal y Punto de acción primario   | Subgrupo, clase o sustancia activa representativa | Sustancias activas con registro en España   |
|--|---|---|
| UN. Compuestos de modo de acción desconocido o incierto <sup>2,3</sup> .                               | Azadiractín                                       | Azadiractín.  |
|  | Azufre  | Azufre.   |
| UNE. Extractos y aceites (crudos o refinados) vegetales de MDA desconocido o incierto <sup>2,3</sup> . | Aceites crudos                                    | Aceite de naranja   |
|  | Mezcla de terpenoides                             | Mezcla de terpenoides QRD 460   |
|  | Sales potásicas de ácidos grasos vegetales        | Sales potásicas de ácidos grasos vegetales.   |
| UNF. Hongos entomopatógenos de MDA desconocido o incierto <sup>2,3</sup> .                             |   | <i>Beauveria bassiana</i> (cepas ATCC 74040, GHA, NPP111B005, 147).<br><i>Isaria fumosorosea</i> (cepa Apopka 97) (antes <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> ).<br><i>Lecanicillium muscarium</i> (ahora <i>Akanthomyces muscarius</i> ; antes <i>Verticillium lecani</i> ) (cepa Ve6).<br><i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliaea</i> (cepa F52).<br><i>Paecilomyces fumosoroseus</i> ( <i>Isaria fumosorosea</i> ) (cepa FE 9901). |
| UNM. Disruptores mecánicos y físicos no específicos <sup>2,3</sup> .                                   |   | Aceites de parafina.<br>Maltodextrina.<br>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 rojo):** en proceso de cancelación en la fecha de publicación. Consulte a su distribuidor, técnicos locales o servicios oficiales las fechas límite para su utilización.

<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' según corresponda hasta que se tengan evidencias que permitan clasificarlo en el grupo de MdA más apropiado.

### **Subgrupos:**

Los subgrupos representan distintas clases de agentes insecticidas 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 agentes insecticidas relacionados más cercanos. Los subgrupos también pueden diferenciar agentes insecticidas que son similares estructuralmente, 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 sustancias 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 agentes insecticidas 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.
- 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.

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

- 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 Moduladores 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 Moduladores 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 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 cordotonaes - sin punto de acción definido***

Interrumpen la función de los órganos cordotonaes 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 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 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.

## **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.

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

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

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

### ***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***

El complejo proteico PIF (Per os Infectivity Factor) propio de los baculovirus provoca la infección específica del huésped uniéndose a las células del intestino medio, que 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 tipo de baculovirus.

### **MODO DE ACCIÓN DESCONOCIDO O NO ESPECÍFICO**

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 y aceites (crudos o refinados) vegetales de modo de acción desconocido o incierto***

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

***Grupo UNM - Disruptores mecánicos y físicos no específicos***

## Sustancias activas por orden alfabético con su clasificación del MdA (I)

|   |     |  |     |  |     |
|---|-----|--|-----|--|-----|
| Abamectina  | 6   | <i>Beauveria bassiana</i><br>(cepas ATCC 74040, GHA,<br>NPP111B005, 147) | UNF | Fenpiroximato  | 21A |
| Aceite de naranja   | UNE |  | UNF | Flonicamid   | 29  |
| Aceites de parafina   | UNM | Bifenazato   | 20D | Fluoruro de sulfuro                                      | 8C  |
| Acequinocil   | 20B | Buprofezín   | 16  | Flupiradifurona  | 4D  |
| Acetamiprid   | 4A  | Ciantraniliprol  | 28  | Formetanato  | 1A  |
| <b>Acrinatrín</b>   | 3A  | Ciflumetofén   | 25A | Fosfuro de aluminio                                      | 24A |
| <i>Akanthomyces muscarius</i><br>(cepa Ve6)   | UNF | Cipermetrín  | 3A  | Fosfuro de magnesio                                      | 24A |
| <b>Alfa-cipermetrín</b>   | 3A  | Clofentezín  | 10A | <b>Fosmet</b>  | 1B  |
| Azadiractín   | UN  | Clorantraniliprol  | 28  | Fostiazato   | 1B  |
| Azufre  | UN  | <i>Cydia pomonella</i> GV (aislados<br>Mexicano, R5, V15 y V22)          | 31  | <i>Helicoverpa armigera</i> NPV<br>(cepa HearNPV-BV0003) | 31  |
| <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp.<br><i>aizawai</i> (cepas GC-91,<br>ABTS-1857)                        | 11A | Deltametrín  | 3A  | Hexitiazox   | 10A |
| <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp.<br><i>israelensis</i> (cepa AM65-52)                                 | 11A | Emamectina   | 6   | <b>Indoxacarb</b>  | 22A |
| <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp.<br><i>kurstaki</i> (cepas ABTS-351, EG<br>2348, PB-54, SA-11, SA-12) | 11A | Esfenvalerato  | 3A  | <i>Isaria fumosorosea</i><br>(cepa Apopka 97)            | UNF |
|   |     | Etofenprox   | 3A  | Lambda-cihalotrín  | 3A  |
|   |     | Etoxazol   | 10B | <i>Lecanicillium muscarium</i><br>(cepa Ve6)             | UNF |
|   |     | Fenazaquín   | 21A |  |     |

## Sustancias activas por orden alfabético con su clasificación del MdA (II)

|  |     |  |     |   |     |
|--|-----|--|-----|---|-----|
| Maltodextrina  | UNM | <i>Paecilomyces fumosoroseus</i><br>(cepa FE 9901) | UNF | Spirotetramat   | 23  |
| Metaflumizona  | 22B | Piretrinas   | 3A  | <i>Spodoptera littoralis</i> NPV<br>(cepa SpliNPV-BV0005) | 31  |
| <i>Metarhizium anisopliae</i> var.<br><i>anisopliae</i> (cepa F52) | UNF | Piridabén  | 21A | Sulfoxaflor   | 4C  |
| Metil-Pirimifós  | 1B  | Pirimicarb   | 1A  | Tau-fluvalinato   | 3A  |
| Metoxifenocida   | 18  | Piriproxifén                                       | 7C  | Tebufenocida  | 18  |
| Mezcla de terpenoides<br>QRD 460                                   | UNE | Sales potásicas de ácidos<br>grasos vegetales      | UNE | Tebufenpirad  | 21A |
| Milbemectina   | 6   | Spinetoram   | 5   | Teflutrín   | 3A  |
| Oxamilo  | 1A  | Spinosad   | 5   | Tierra de diatomeas                                       | UNM |
|  |     | Spiromesifén                                       | 23  | <i>Verticillium lecani</i> (cepa Ve6)                     | UNF |

### Nota:

Esta es la lista completa de consulta de insecticidas y/o acaricidas clasificados por IRAC con registro en España. Si su sustancia activa no está en esta lista y entra dentro del alcance de esta clasificación, por favor, póngase en contacto con IRAC España.

Fotografías cedidas por:

Portada

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

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.



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

O consulte la aplicación  
**IRAC España Modos de Acción** para Android o IOS

