

La Resistencia a Insecticidas en España y su Manejo

IRAC: El Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas

IRAC son las siglas en inglés de “**Insecticide Resistance Action Committee**”, que se traducirían al español como “**Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas**”. **IRAC internacional** se formó en 1984 por expertos de las empresas de protección de cultivos con objeto de combinar el conocimiento y los esfuerzos para luchar contra la resistencia a insecticidas. En España el grupo de trabajo se puso en marcha en el año 2000.

IRAC España está formado por las principales empresas del sector fitosanitario. Además pueden formar parte de **IRAC España** expertos en resistencia a insecticidas pertenecientes a instituciones científicas, académicas o técnicas y cuenta con la colaboración administrativa de Aepla.

La misión de **IRAC España** es evitar la pérdida de herramientas para el control de plagas y mantener todas las clases de insecticidas como opciones viables, ofreciendo 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 esos productos eficaces en el mercado del desarrollo de resistencias. Por otra parte, al aparecer menos insecticidas nuevos y reducirse el número de productos químicos comerciales antiguos disponibles debido a restricciones legales, el número de insecticidas aplicables se está reduciendo, cobrando el manejo eficaz de la resistencia a insecticidas más importancia que nunca.

IRAC España ofrece la experiencia del sector para llevar a cabo programas de estudio y de manejo de las resistencias a insecticidas. Estas estrategias son parte constituyente de los programas de Control Integrado de Plagas (CIP, IPM en inglés) y el Manejo Integrado del Cultivo (MIC, ICM en inglés) o Producción Integrada.

Funciones de **IRAC**:

- Desarrollar métodos de control e identificar el alcance de los problemas por medio de programas de seguimiento.
- Desarrollar estrategias de manejo de los distintos grupos de insecticidas, incorporando además todos los métodos prácticos de control de plagas.
- Divulgar información sobre estrategias de manejo de las resistencias.
- Coordinar acciones de información y prevención de resistencias con las autoridades responsables del registro y control de productos fitosanitarios.
- Descubrir cómo se produce la resistencia y desarrollar estrategias para evitar o retrasar su aparición.

¿Qué es la resistencia a insecticidas?

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 ligeramente 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 a ese insecticida o acaricida.

Tipos de Resistencia a los Insecticidas

Resistencia Metabólica

Los insectos pueden metabolizar o detoxificar de forma natural el insecticida más rápidamente que los insectos susceptibles. Este es el primer tipo de resistencia que suele aparecer. Por ejemplo, las enzimas detoxificantes pueden convertir los insecticidas, que son hidrofóbicos o “repelentes al agua”, en sustancias más hidrofílicas (“amantes del agua”), lo cual generalmente reduce la actividad biológica del insecticida, que entonces es más fácilmente excretado con los productos de desecho. Las principales enzimas asociadas con la resistencia metabólica son las citocromo-mono oxigenasas P450-dependientes (también llamadas oxidasas de función mixta), las esterasas, y las glutatión S-transferasas.

Alteración del sitio de acción del insecticida (“Target Site”)

El sitio molecular donde actúa el insecticida en el insecto ha sido modificado debido a una mutación natural, por ello, el producto no produce el efecto deseado.

Resistencia en el punto de acción y resistencia cruzada

En la mayoría de los casos, la resistencia no sólo afecta negativamente al compuesto sobre el que se genera, sino que a menudo 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 co-

mún, por lo que se considera que comparten un mismo Modo de Acción (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 sub-grupo químico comparten un mismo MdA, hay un alto riesgo de que la resistencia desarrollada confiera automáticamente resistencia cruzada a todos los compuestos del mismo sub-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 Manejo de Resistencia a Insecticidas (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. La clasificación de IRAC proporcionada mediante este documento es una ayuda para seleccionar los insecticidas adecuados en estos tipos de estrategias de MRI. 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.

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.

La clasificación por modo de acción (MdA)

El siguiente esquema de clasificación desarrollado y aprobado por IRAC se basa en los mejores datos disponibles acerca del modo de acción de los insecticidas. Los detalles del listado han sido acordados por las compañías de IRAC y aprobados por reconocidos toxicólogos y bioquímicos especializados en insectos, tanto a nivel académico como de la industria.

Nuestro objetivo es que los usuarios de insecticidas y acaricidas conozcan los grupos de MdA y que esto sea una de las bases para desarrollar, a lo largo de toda la campaña, un manejo sostenible de gestión de resistencias basado en alternancia, secuencias o rotaciones de insecticidas y/o acaricidas con diferente MdA. Para ayudar a retrasar la aparición de resistencias se recomienda encarecidamente que los agricultores y productores incluyan además otros métodos de control en los programas de manejo de insecticidas y/o acaricidas.

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, Alimentación y Medio Ambiente español.
- 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 utilizará el nombre de esta materia activa como indicativo del subgrupo.
- Cuando más de un subgrupo químico o materia activa representativa pertenezcan al mismo grupo MdA, se ordenarán siguiendo las reglas anteriores, con los subgrupos químicos precediendo a las materias activas específicas.

Criterios para la descripción de la calidad de la información del MdA

* {Sólida evidencia de que la acción sobre esta proteína (o complejo proteico) es responsable de efectos insecticidas}	Efectos potentes sobre la función de la proteína objetivo y, o resistencia debido a mutación / sobreexpresión / eliminación de esta proteína o correlación entre los efectos sobre la proteína y la actividad biológica para un grupo de análogos.
**{Buena evidencia de que la acción de esa proteína (o complejo proteico) es responsable de los efectos insecticidas}	Efectos altamente potentes sobre la función de la proteína combinado con efectos fisiológicos claramente compatibles.
***{Los compuestos afectan la función de esa proteína, pero no está claro que esto sea lo que lleva a la actividad biológica}	Los compuestos (o sus metabolitos) tienen un efecto moderado o bajo sobre la función de la proteína, y hay pocas o ninguna evidencia que asocie este efecto con la actividad biológica. Los compuestos pueden ser agrupados por la semejanza de estructura y el efecto fisiológico característico.
****{La proteína objetivo responsable de la actividad biológica es desconocida o no está caracterizada}	Los compuestos pueden ser agrupados por la semejanza de estructura y el efecto fisiológico característico.



Clasificación de Modos de Acción - IRAC España

Grupo principal y punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
1 Inhibidores de la acetilcolinesterasa. Acción nerviosa.* Si no hay otras alternativas, los compuestos de los grupos 1A y 1B pueden alternarse en situaciones donde se conoce la ausencia de mecanismos de resistencia cruzada en las poblaciones de insectos tratados.	1A Carbamatos.	Formetanato, metiocarb, oxamilo, pirimicarb.
	1B Organofosforados.	Clorpirifos, dimetoato, etoprofós, fenamifós, fosmet, fostiazato, (<i>malatión</i>), metil-clorpirifos, metil-pirimifós.
2 Antagonistas del receptor GABA en el canal cloro. Acción nerviosa.*	2B Fenilpirazoles (Fiproles).	Fipronil.
3 Moduladores del canal de sodio. Acción nerviosa.*	3A Piretroides, piretrinas.	Acrinatrín, alfa-cipermetrín, betaciflutrín, ciflutrín, cipermetrín, deltametrín, esfenvalerato, etofenprox, (<i>gamma-cihalotrín</i>), lambda-cihalotrín, tau-fluvalinato, teflutrín, zeta-cipermetrín. Piretrinas.
4 Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina. Acción nerviosa.*	4A Neonicotinoides.	Acetamiprid, clotianidina, imidacloprid, tiacloprid, tiametoxam.
5 Activadores del receptor alostérico nicotínico de la acetilcolina. Acción nerviosa.*	Spinosines.	Spinosad.
6 Activadores del canal de cloro. Acción nerviosa y muscular.*	Avermectinas, milbemectinas.	Abamectina, emamectina, milbemectina.
7 Miméticos de la hormona juvenil. Regulación del crecimiento. ****	7B Fenoxicarb.	Fenoxicarb.
	7C Piriproxifén.	Piriproxifén.
8 Diversos inhibidores no específicos (multi-sitio).	8B Cloropicrina.	Cloropicrina.
	8C Fluoruro de sulfurilo.	Fluoruro de sulfurilo.
9 Bloqueadores selectivos de la alimentación de homópteros. ****	9B Pimetrocina.	Pimetrocina.
	9C Flonicamid.	Flonicamid.
10 Inhibidores del crecimiento de ácaros. Regulación del crecimiento. ****	10A Clofentezín, hexitiazox.	Clofentezín, hexitiazox. Muestran una resistencia cruzada común a pesar de ser estructuralmente distintos, y además se desconoce el punto de acción para ambos compuestos.
	10B Etoxazol.	Etoxazol.
11 Disruptores microbianos de las membranas digestivas de insectos.	<i>Bacillus thuringiensis</i> o <i>Bacillus sphaericus</i> y las proteínas insecticidas que producen.	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> .
12 Inhibidores de la ATP-sintasa mitocondrial. Metabolismo de la energía. ***	12B Acaricidas orgánicos de estaño.	Fenbutaestán.
	12C Propargita.	Propargita.
15 Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0, Lepidópteros. Regulación del crecimiento. ****	Benzoilureas.	Diflubenzurón, flufenoxurón, lufenurón, teflubenzurón, triflumurón.

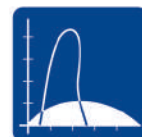


25 años innovando en agronutrición
 22 patentes y 10 tecnologías propias
 nos han obligado a desarrollar un nuevo concepto de
nutrición vegetal basada en la tecnología.



www.fertiumexpertia.com

- **Nitrógeno estabilizado**, DURANIT
- **NPK con sulfato de potasa**, DURASOP
- **NPK con fósforo protegido**, ACTIBIÓN
- **NPK minigranulados**, con Nitrógeno estabilizado y recubiertos, DURAGREEN
- **Microgranulados**, MICROFAST
- **NPK hidrosolubles**, AQUA
- **NPK encapsulados**, de liberación controlada, con polímero biodegradable, DURABIÓN
- **Correctores**, formulados en atomizados y líquidos de aplicación foliar y radicular.
- **Estimulantes**, formulados en atomizados y líquidos de aplicación foliar y radicular.
- **Tecnología**, para proteger las pérdidas de nitrogenados convencionales.
- **Biotecnología**, con microorganismos agrícolas beneficiosos.



DURANIT



ACTIBIÓN



NITROPOWER



SILIACTIVE



Clasificación de Modos de Acción - IRAC España		
Grupo principal y punto de acción primario	Subgrupo químico o materia activa representativa	Materias activas con registro en España
17 Disruptores de la muda, Dípteros. Regulación del crecimiento. ****	Ciromazina.	Ciromazina.
18 Agonistas del receptor de ecdisona. Regulación de crecimiento.*	Diacilhidracinas.	Metoxifenocida, tebufenocida.
20 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III (punto de acople II). Metabolismo de la energía. **	20B Acequinocil.	<i>(Acequinocil).</i>
21 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I. Metabolismo de la energía. **	21A Acaricidas e insecticidas METI.	Fenazaquín, fenpiroximato, piridabén, tebufenpirad.
22 Bloqueadores del canal de sodio dependiente del voltaje. Acción nerviosa. ** A pesar de que se cree que estos compuestos tienen el mismo punto de acción, han sido subagrupados porque son químicamente distintos y los conocimientos actuales indican que el riesgo de resistencia metabólica es bajo.	22A Indoxacarb.	Indoxacarb.
	22B Metaflumizona.	<i>(Metaflumizona)</i>
23 Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa. Síntesis lipídica, regulación de crecimiento. **	Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico.	Spirodiclofén, spiromesifén, <i>(Spirotetramat).</i>
24 Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV. Metabolismo de la energía. **	24A Fosfinas.	Fosfuro de aluminio, fosfuro de magnesio.
28 Moduladores del receptor de la rianodina. Acción nerviosa y muscular. **	Diamidas.	Clorantraniliprol, flubendiamida.
un Compuestos de modo de acción desconocido o incierto. ****	Azadiractín.	Azadiractín.
	Bifenazato.	Bifenazato.

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 compuestos cuando comparten efectos fisiológicos característicos y tienen estructuras químicas relacionadas.

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

Sustancias en azul subrayadas: en proceso de retirada o re inclusión

1 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.

2 Una sustancia con un modo de acción desconocido o incierto o un modo de toxicidad desconocido se mantendrá en la categoría “un” hasta que se tengan evidencias que permitan clasificarlo en el grupo de modo de acción más apropiado.

Por definición, los subgrupos se establecen para representar distintas clases o familias químicas con un MdA común. El que deban ser rotados o no dependerá del conocimiento y la experiencia que se tenga de los patrones de resistencia cruzada y los mecanismos de resistencia, además de la plaga, el cultivo y la región considerados.

Ingredientes activos por orden alfabético con su clasificación del MdA

Abamectina	6	Etoxazol	10B	Metil-Pirimifós	1B
(Acequinocil)	20B	Fenamifós	1B	Meliocarb	1A
Acetamiprid	4A	Fenazaquin	21A	Metoxifenocida	18
Acinatrín	3A	Fenbutaostán	12B	Milbomectina	6
Alfa-cipemetrín	3A	Fenoxicarb	7B	Oxamilo	1A
Azadiractín	UN	Fenproximoato	21A	Pimetrocina	9B
<i>Bacillus thuringiensis</i>	11	Fipronil	2B	Piretrinas	3A
Belaciflutrin	3A	Flonicamid	9C	Pyridabén	21A
Bifenazato	UN	Flubendiamida	28	Pirimicarb	1A
(Buprofezin)	16	Flufenoxurón	15	Piriproxién	7C
Ciflutrin	3A	Fluoruro de sulfurilo	8C	Propargita	12C
Cipermetrin	3A	Formetanato	1A	Spinosad	5
Ciromazina	17	Fosforo de aluminio	24A	Spirodiclofén	23
Clofentezin	10A	Fosforo de magnesio	24A	Spiromesifén	23
Clorantropilprol	28	Fosmet	1B	(Spirotetramat)	23
Cloropicrina	8B	Fosfiazato	1B	Tau-fluvalinato	3A
Clorpirifos	1B	(Gamma-cihalotrin)	3A	Tebufenocida	18
Clofianidina	4A	Hexitiazox	10A	Tebufenpirad	21A
Deltametrín	3A	Imidacloprid	4A	Teflubenzurón	15
Diflubenzurón	15	Indoxacarb	22A	Teflutrin	3A
Dimeloato	1B	Lambda-cihalotrin	3A	Tiacloprid	4A
Emamectina	6	Lufenurón	15	Tiametoxam	4A
Esfenvalerato	3A	(Malatión)	1B	Triflumurón	15
Etofenprox	3A	(Metaflumizona)	22B	Zeta-cipermetrin	3A
Etoprofos	1B	Metil-Clorpirifos	1B		

Casos de resistencia detectados en España

De los 2370 casos de resistencia registrados por el IRAC a nivel Internacional, 201 lo han sido en España y afectan a:

- 14 modos de acción diferentes (1A, 1B, 2A, 3A, 4A, 5, 6, 7C, 9B, 10A, 12B, 15, 16 y 18).
- 16 Especies diferentes de Insectos y Ácaros.

<i>Aphis</i>	<i>gossypii</i>
<i>Aphis</i>	<i>spiraecola</i>
<i>Bemisia</i>	<i>tabaci</i>
<i>Cydia</i>	<i>pomonella</i>
<i>Empoasca</i>	<i>spp.</i>
<i>Frankliniella</i>	<i>occidentalis</i>
<i>Helicoverpa</i>	<i>armigera</i>
<i>Liriomyza</i>	<i>spp</i>
<i>Myzus</i>	<i>persicae</i>
<i>Panonychus</i>	<i>citri</i>
<i>Panonychus</i>	<i>ulmi</i>
<i>Plutella</i>	<i>xylostella</i>

<i>Spodoptera</i>	<i>exigua</i>
<i>Tetranychus</i>	<i>urticae</i>
<i>Phyllocnistis</i>	<i>citrella</i>
<i>Trialeurodes</i>	<i>vaporariorum</i>

- 10 tipos de cultivo: Manzano, Alcachofa, Cítricos, Hortícolas, Pimiento, Tomate, Melocotonero, Lechuga, Brásicas, Algodón.

Principios de Manejos de Resistencias (MRI) recomendados y aprobados por IRAC

- Consulte a los Servicios Oficiales o Técnicos de su zona para conocer los programas recomendados de Producción Integrada y de MRI (Manejo de Resistencia a Insecticidas).
- Considere las opciones disponibles para minimizar el uso de insecticidas, seleccionando variedades tolerantes a plagas o de maduración temprana.
- 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.
- Cuando sea posible, seleccione insecticidas y otras herramientas de control que respeten la fauna útil.
- Use los productos a la dosis exacta recomendada en la etiqueta. El uso de dosis menores (sub-letales) selecciona rápidamente poblaciones medianamente tolerantes, mientras que dosis mayores a las recomendadas pueden imponer presiones de selección excesivas, favoreciendo también la aparición de resistencias.
- 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.
- 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.
- Utilice los umbrales económicos adecuados así como los intervalos de aplicación.
- 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.
- Cuando se realicen múltiples aplicaciones por año o campaña, alterne productos con distinto Modo de Acción (MdA).
- 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.
- 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.
- Debe considerarse el seguimiento de la incidencia de aparición de resistencias en situaciones comercialmente importantes y medir los niveles de control obtenidos.