



Fotos: INIA

# RESISTENCIA A INSECTICIDAS: ¿qué es y cómo la manejamos?

Ing. Agr. Dra. Valentina Mujica<sup>1</sup>  
Ing. Agr. PhD Roberto Zoppolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Protección Vegetal, Programa de Investigación  
en Producción Frutícola

<sup>2</sup>Programa de Investigación en Producción Frutícola

Como forma de evitar o retrasar la aparición de la resistencia a plaguicidas, el cumplimiento de sus normas de uso es indispensable. Al mismo tiempo, crece el desafío de potenciar los mecanismos naturales que permitan reducir las intervenciones con insumos externos al sistema.

A través de la historia los seres humanos han usado un sinfín de estrategias para el control de plagas que afectan tanto a los cultivos como a los animales domésticos, remontándose los primeros registros al siglo VIII AC. A partir de 1940, con el desarrollo de los pesticidas modernos se inició un proceso que perdura hasta nuestros días. Los insecticidas forman parte integral de nuestra vida y son usados tanto en la protección de nuestras tierras cultivadas, granos almacenados y jardines como en el combate a vectores de enfermedades o plagas menores dentro de nuestra casa. El uso de insecticidas químicos está probando ser causante de efectos secundarios no deseados, a lo que se suman problemas de la propia aplicación.

En estos últimos años, cada vez se escucha más que determinado producto no controla o que hay que aumentar la dosis para controlar determinada plaga, claros indicadores de problemas de resistencia. Pero: ¿de qué hablamos cuando hablamos de resistencia a insecticidas? La resistencia es un cambio hereditario en la sensibilidad de una población de plagas que se refleja en el fracaso repetido de un producto para lograr el nivel de control esperado cuando se usa de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta (IRAC, 2020).

Es un proceso poblacional y no individual, la población y no el individuo es quien se torna resistente. Se puede desarrollar en todos los grupos de plagas agrícolas:

**Cuadro 1** - Casos de resistencia reportados a nivel mundial en plagas frutícolas.

Especie	Orden y familia	Nombre común	Casos
<i>Panonychus ulmi</i>	Acari Tetranychidae	Arañuela roja europea	203
<i>Cydia pomonella</i>	Lepidoptera Tortricidae	Polilla de la manzana	196
<i>Frankiniella occidentalis</i>	Tisanoptera Thripidae	Trips oriental de las flores	175
<i>Ceratitis capitata</i>	Diptera Tephritidae	Mosca del Mediterráneo	9
<i>Aonidiella aurantii</i>	Homoptera Diaspididae	Cochinilla roja australiana	14
<i>Grapholita molesta</i>	Lepidoptera Tortricidae	Polilla oriental de la fruta	4
<i>Planococcus ficus</i>	Homoptera Pseudococcidae	Chanchito blanco de la vid	4
<i>Quadraspidiotus perniciosus</i>	Homoptera Diaspididae	Piojo de San José	3

Modificado de Mota-Sánchez and Wise. 2020.

insectos, ácaros, hongos, bacterias, nematodos y malezas. Hay algunas plagas que tienen mayor tendencia a desarrollar resistencia a insecticidas. Estas especies se caracterizan por: ser polífagas, tener un rápido desarrollo y muchas generaciones anuales, tener mucha progenie y una movilidad efectiva baja (Cuadro 1).

Uno de los primeros conceptos que se debe tener en claro cuando se analiza el tema de resistencia refiere a las diferencias entre lo que es el modo de acción del insecticida y el sitio de acción del mismo. Cuando se habla de modo de acción, se hace referencia a la forma en que el insecticida controla la plaga y este es un dato principal a tener en cuenta para el manejo de la resistencia. A su vez, el sitio de acción de un insecticida es el lugar donde actúa el producto dentro del insecto, pudiendo variar aunque se mantenga el mismo modo de acción si bien muchas veces están asociados. Por ello resulta clave que, a partir de la etiqueta del producto, se identifique el modo de acción del insecticida a usar y se vayan rotando para lograr una estrategia de control que alterne el modo de acción de los insecticidas. No siempre el cambio de principio activo se refleja en un diferente modo de acción y debemos estar atentos a este dato.

No todo lo que parece un caso de resistencia efectivamente lo es, entonces: ¿qué cosas podemos confundir con la generación de resistencia?

- Elección del producto de control inadecuado
- Mala calibración del equipo de aplicación
- Aplicaciones con densidades de plaga muy alta
- Aplicaciones con condiciones meteorológicas adversas
- Formulación inadecuada
- Dosis incorrecta
- Caldo de aplicación con pH fuera de rango

Algunas prácticas de control de plagas han demostrado consistentemente que exacerbaban la eliminación de grupos susceptibles de la población plaga sin llegar a controlarla y por lo tanto favorecen el desarrollo de resistencia. Es predisponente a la generación de resistencia el uso frecuente y continuo de un mismo plaguicida o grupo de plaguicidas estrechamente relacionados sobre una misma población.

La resistencia es un proceso poblacional, es decir que es la población y no el individuo quien se torna resistente.

Otro aspecto es el uso de dosis de aplicación que estén por debajo o por encima de las recomendadas por la etiqueta, o cuando la cobertura obtenida en la aplicación no es la apropiada. Otro de los puntos a considerar es la realización de tratamientos simultáneos a más de un estadio de la plaga, por ejemplo, larvas y adultos con compuestos relacionados.

También favorece el desarrollo de resistencia el tratamiento frecuente de plagas con grandes poblaciones y cortos tiempos de generación.

Por último, cuando se falla en la incorporación de otras prácticas que no involucren el uso de insecticidas, por ejemplo, el control cultural o uso de feromonas, también se favorece el desarrollo de resistencia.

Hoy en día se conocen cinco mecanismos de resistencia:

- Desintoxicación metabólica o enzimática: los individuos resistentes son capaces de degradar la molécula química en compuestos inertes con mayor eficacia que los individuos susceptibles.

- Sensibilidad reducida en el sitio de acción: los individuos resistentes presentan alteraciones en el sitio de acción, lo que genera resistencias de alta intensidad o de "todo o nada".

- Penetración reducida: los individuos resistentes reciben menor cantidad del tóxico, lo que les confiere una resistencia de baja intensidad.

Resulta clave que a partir de la etiqueta del producto se identifique el modo de acción de los insecticidas y que estos se vayan rotando en su uso.

- **Secuestración:** existe un mayor almacenamiento de los insecticidas en los tejidos inertes, normalmente a nivel del tejido graso en los individuos resistentes.
- **Resistencia de comportamiento:** en este caso los insectos resistentes no entran en contacto con el insecticida debido a un comportamiento de escape, este fenómeno puede ocurrir debido a una acción irritante o bien a una acción repelente.

Existen, además de los distintos mecanismos, los llamados tipos de resistencia. Por un lado, está la resistencia cruzada, donde un único mecanismo de resistencia de la plaga, le confiere resistencia a dos o más compuestos químicos (productos relacionados en su modo de acción, por ejemplo: Deltametrina y Permetrina, dos piretroides). Por otro lado, está lo que se conoce como resistencia múltiple, donde dos mecanismos de resistencia coexistentes confieren resistencia a dos o más compuestos químicos (productos no relacionados en su modo de acción como por ejemplo Clorpirifos y Cipermetrina, un fosforado y un piretroide). La posibilidad de revertir la condición de resistencia en una población exige, en una primera instancia, detener totalmente el uso del producto que la generó. El cambio puede darse en mayor o menor tiempo, pero al dejar de



**Figura 1** - Trampa para monitoreo de vuelos de carpocapsa conteniendo difusor de feromona y piso engomado.

usarse, se deja de “seleccionar” individuos resistentes y de la mano de la evolución, esa condición debería revertirse. De todas formas, este puede ser un proceso que lleve un elevado número de años por lo que es muy importante evitar generar resistencias.

## ¿QUÉ COSAS DEBERÍAMOS HACER PARA LOGRAR UN ADECUADO MANEJO PREVENTIVO DE LA RESISTENCIA A INSECTICIDAS?

- Usar insecticidas solo cuando sean estrictamente necesarios.
- Elegir aquellos que presenten mayor selectividad en desmedro de los de amplio espectro.
- Rotar insecticidas con distinto modo de acción (leer la etiqueta ya que un nombre comercial diferente no necesariamente implica diferente modo de acción).
- En caso de utilizar insecticidas con un mismo modo de acción, la aplicación debe hacerse sobre generaciones distintas de la plaga (si tengo una plaga que cumple tres generaciones al año lo ideal sería aplicar una única vez por generación).
- Utilizar distintas estrategias de control complementarias al uso de insecticidas (confusión sexual, control biológico, manejos culturales).

La producción de alimentos ha cambiado el rumbo en estos últimos años, prestando más atención a la inocuidad de lo producido y a los efectos del proceso productivo sobre el medio ambiente. En este contexto, donde la exigencia es producir más pero cuidando del medio ambiente, el correcto manejo de los productos de control se torna imprescindible.

El uso de mecanismos de control de plagas que no involucre a los insecticidas es, sin duda, la mejor estrategia de mitigación de este fenómeno, así como para su prevención. En nuestro país hay ejemplos como el uso de las feromonas sexuales de los insectos, que se han venido aplicando para monitoreo y control desde los años 90.

Esta estrategia que actualmente es de uso generalizado en lo que a fruticultura se refiere, ha permitido reducir el uso de insecticidas y lograr reducciones en el daño de plagas de lepidópteros cuyo control no se lograba

No siempre el cambio de principio activo se refleja en un diferente modo de acción, por lo que debemos estar atentos a esta información.

con los insecticidas. Otros ejemplos que se suman son la realización de manejos culturales para bajar las densidades de las plagas, brindando una excelente herramienta para disminuir la posibilidad de generar resistencia. En nuestro país se han determinado varios casos de resistencia de hongos a fungicidas. En el caso de los insecticidas, aún no se han reportado plagas con resistencia, pero es una amenaza que no se puede ignorar y ya hay señales preocupantes.

El gran desafío está en potenciar los mecanismos naturales que nos permitan reducir las intervenciones con insu- mos externos al sistema. Profundizar el conocimiento de las claves de comunicación entre plagas y hospederos, enemigos naturales, agentes benéficos y las intrincadas

conexiones de las cadenas tróficas permitirán ajustar el diseño y manejo de los sistemas productivos de forma de minimizar el uso de los insecticidas. Mientras tanto, el es- tricto y comprometido cumplimiento de las normas de uso de los plaguicidas permitirá evitar o retrasar, al menos, la aparición de resistencias.

#### BIBLIOGRAFÍA

Insecticide Resistance Action Committee IRAC 2020 [www.irac-online.org](http://www.irac-online.org)

Mota-Sanchez, D. and J.C. Wise. 2020. The Arthropod Pesticide Resistance Database.

Michigan State University. On-line at: <http://www.pesticideresistance.org>

**Cuadro 2** - Ingredientes activos clasificados de acuerdo al modo de acción.

Grupo principal	Punto de acción primario	Subgrupo químico a materia activa representativa	Principios activos con registro en Uruguay
Inhibidores de la acetilcolinesterasa	Sistema nervioso	Carbamatos	Formetanato, Metiocarb, metomilo, Oxamilo, Pirimicarb
		Organofosforados	Clorpirifos, Dimetoato Etoprofos, Fenamifos, Fosmet, Fostiazato, Malatión, Metil-Clorpirifos, Metil-Pirimifos
Agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina	Sistema nervioso	Sistema Nervioso	Acetamiprid, Clotianidina, Imidacloprid, Tiacloprid, Tiametoxam
		Butenolides	Flupiradifurona
Activadores del receptor alostérico nicotínico de la acetilcolina	Sistema nervioso	Spinosines	Spinetoram, Spinosad
Moduladores del receptor de la rianodina	Sistema nervioso y muscular	Diamidas	Clorantranilprol, Flubendiamida
Acción supresora sobre la monooxigenasa microsomita	Sistema nervioso central	Extractos vegetales	Matrine
Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial IV	Metabolismo de la energía	Fosfinas	Fosfuro de aluminio, Fosfuro de magnesio
Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0, lepidópteros	Regulación del crecimiento	Benzoilureas	Diflubenzurón, Lufenurón, Triflumurón, Novaluron
		Diacilhidracinas	Metoxifenocide, Tebufenocide
Inhibidores del crecimiento de ácaros	Regulación del crecimiento	Clofentezín Hexitiazox	Clofentezín, Hexitiazox
		Etoxazol	Etoxazol
Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa	Síntesis lipídica, regulación del crecimiento	Derivados de ácidos tetrómico y tetrámico	Spirodiclofén, Spiromesifén, Spirotetramat
Disruptores microbianos de las membranas digestivas de los insectos	Sistema digestivo	<i>Bacillus thuringiensis</i> y las proteínas insecticidas que producen	<i>Bacillus thuringiensis</i> spp.
Compuestos de modo de acción desconocido o incierto		Azadiractín, azufre, bifenazato polisulfuro de calcio	Azadiractín, azufre, bifenazato, polisulfuro de calcio
Baculovirus. Virus patógenos ocluidos específicos del huésped	Sistema digestivo	Granulovirus	CpGV (virus de la granulosis de <i>Cydia pomonella</i> )
Diversos inhibidores no específicos (multi sitio)		Floruro de sulfurilo	Floruro de sulfurilo
		Generadores de isotiocianato de metilo	Dazomet, Metam