



# Las resistencias de las malas hierbas a los herbicidas en España

A. Taberner (Coordinador Grupo de Trabajo CPRH)

La resistencia de las malas hierbas a los herbicidas es un fenómeno en aumento. El conocimiento sobre este fenómeno está en constante desarrollo. Se conocen los mecanismos por los cuales una planta puede ser resistente, que son numerosos. Unos ligados al lugar de acción del herbicida y otros no. Se sabe también que la resistencia es producto de la adaptación de la mala hierba a la selección generada por un mal uso de los herbicidas. El hecho de que las malas hierbas hayan mostrado esta capacidad de adaptación, mediante un número elevado y en constante evolución de mecanismos de resistencia, hace que el planteamiento actual de lucha contra ellas sea el manejo integrado. Se invoca a que el control se base en el empleo de una gran diversidad de métodos, tanto químicos como no químicos, utilizados de forma combinada de manera que se refuercen unos a otros y en base al conocimiento de la biología de la mala hierba, de manera que se pueda aprovechar los momentos en que ésta es más débil. Todo método de control, mal utilizado, puede generar problemas. Cambiar, diversificar, es la norma a tener en cuenta.

## Las resistencias a los herbicidas. Un reto en el control de malas hierbas

La resistencia de una mala hierba a un herbicida es el fenómeno por el cual una especie, que era controlada por el efecto de un herbicida a una dosis determinada pasa a no serlo, transmitiendo este carácter a su descendencia. Es un fenómeno debido a la adaptación de las poblaciones afectadas por el empleo de los herbicidas, o cualquier otro método de control, de forma reiterada y única.

Los casos de resistencia no han cesado de aumentar en los últimos años, principalmente en las áreas de cultivo donde se emplean de forma masiva cultivos modificados genéticamente tolerantes a alguna sustancia activa herbicida. Este aumento supone un verdadero reto para la continuidad del control de malas hierbas de una forma sostenible. De hecho se trata de enfrentarse a una adaptación de las malas hierbas a un método de control, por ello se trata de diversificar la forma de mantenerlas en niveles económicamente viables. Todo esto hace que se plantee la necesidad imperiosa de afrontarlo mediante la puesta en práctica de la gestión integrada de las malas hierbas. Ello implica el empleo de más de un método de control de forma combinada. Debe tenerse en cuenta que las malas hierbas son capaces de adaptarse a cualquier método de control utilizado de forma única y reiterada.

## Importancia de las malas hierbas resistentes a los herbicidas en España

Los problemas más importantes, desde el punto de vista agronómico, generados



En cereales de invierno las especies con más poblaciones resistentes son amapola (*Papaver rhoeas*) con resistencia en el lugar de acción a inhibidores de la ALS, con resistencia metabólica a 2,4 D o con resistencia múltiple a ambos grupos de herbicidas.

por las poblaciones resistentes se dan en cultivos de cereal de invierno y en cultivos arbóreos.

En cereales de invierno las especies con más poblaciones resistentes son amapola (*Papaver rhoeas*) con resistencia en el lugar de acción a inhibidores de la ALS, con resistencia metabólica a 2,4 D o con resistencia múltiple a ambos grupos de herbicidas. También en cereales de invierno, *Lolium rigidum* que presenta mutaciones que le hacen resistentes a inhibidores de la ACCasa, de

**TRADECORP**  
ESPAÑA



**evolución**

protección & nutrición  
*Una combinación perfecta*

[www.tradecorp.es](http://www.tradecorp.es)

**Tradecorp**

C/ Alcalá 498 - planta 3ª • 28027 Madrid - España • Tel. +34 91 327 29 30 - Fax +34 91 304 42 00



Estimación de las superficies afectadas por malas hierbas resistentes a herbicidas en España			
Mala hierba	Herbicida	% area afectada	Mecanismo de resistencia
<b>Remolacha y maíz</b>			
<i>Chenopodium album</i>	terbutilazina y metolamtrona		Cambio en el lugar de acción
<b>Cereales de invierno</b>			
<i>Papaver rhoeas</i>	2,4 D	20	Metabolismo
<i>Papaver rhoeas</i>	Sulfonilureas	5	Cambio en el lugar de acción
<i>Papaver rhoeas</i>	2,4 D y Sulfonilureas	15	Múltiple
<i>Lolium rigidum</i>	Fops y d ms	20	Metabolismo y cambio en el lugar de acción
<i>Lolium rigidum</i>	Sulfonilureas	10	Metabolismos y cambio en el lugar de acción
<i>Lolium rigidum</i>	Ureas	10	Metabolismo
<i>Avena sterilis</i>	Fops y d ms	Puntual	Metabolismo
<b>Arroz</b>			
<i>Echinochloa sp.</i>	Fops y d ms	Por confirmar	
<i>Echinochloa sp.</i>	propanil	Por confirmar	
<i>Arisma aquatica</i> <small>plantago</small>	Sulfonilureas	2	Cambio en el lugar de acción
<i>Cyperus difformis</i>	Sulfonilureas	5	Cambio en el lugar de acción
<b>Olivo, cítricos y viña</b>			
<i>Conyza sp.</i>	glifosato	0,1 a 1	Disminución del transporte y metabolismo
<i>Lolium rigidum</i>	glifosato	0,1	Disminución del transporte

**Tabla 1. Estimación de las superficies afectadas por malas hierbas resistentes a herbicidas en España.**

la ALS o a ambos grupos simultáneamente mediante resistencias múltiples.

Esta última especie también puede presentar resistencia metabólica a diferentes grupos de herbicidas, como son los derivados de la urea, los inhibidores de la ACCasa y de la ALS. Estas resistencias son las que mayor superficie de cultivo ocupan.

En cultivos arbóreos destacan las resistencias de *Lolium sp.* a glifosato en olivo. Esta resistencia se da también en cítricos. Otra mala hierba que presenta resistencias a glifosato es *Conyza*, tanto *C. bonariensis* como *C. canadensis*, en olivares y en viñedos. En la Tabla 1, se resumen los principales casos de resistencia en España.

## Principales mecanismos de resistencia

Los herbicidas siempre actúan en el interior de las plantas afectadas, tanto si son herbicidas sistémicos como de contacto. Por este motivo el proceso que sigue el herbicida para eliminar a una planta se inicia con la interceptación del mismo por la mala hierba, siendo retenido después por ella un tiempo suficiente para que pueda ser absorbido y, una vez en su interior, puede sufrir un proceso metabólico que lo active. Después es transportado hasta el lugar en que ejercerá su mecanismo de acción y, finalmente, se desencadena su actividad fitotóxica.

Durante todo este proceso, la mala hierba puede adaptarse desarrollando algún mecanismo con el cual obviar la actividad del herbicida. Las posibilidades de que la mala hierba escape a la actividad del herbicida son numerosas y, además, se pueden combinar entre ellas. Incluso puede ser que, aun actuando el herbicida correctamente, la planta sea capaz de degradar los metabolitos tóxicos generados por el herbicida.

Una clasificación que agrupa, aunque sea de forma resumida, todos los mecanismos de resistencia es la que distingue entre los mecanismos ligados al lugar de acción de los herbicidas de los mecanismos que no tienen esta característica.

- Resistencia de sitio activo (lugar de acción, *target site*)
  - Mutación puntual.
  - Sobreproducción del sitio activo.
- Resistencia fuera del sitio activo (fuera del lugar de acción, *non target site*)
  - Impedimento de la absorción.
  - Impedimento de la translocación.
- Exclusión del sitio activo.
  - Compartimentación.
- Metabolización del herbicida.

Hay una diferencia clara entre estos dos grandes grupos de mecanismos. Cuando la resistencia está ligada al sitio activo es, por llamarla de algún modo, concreta, relativamente fácil de detectar y que afecta a un herbicida o un grupo de herbicidas concretos. En este caso, lo más común es la de que el individuo resistente haya desarrollado una mutación, o varias, en el gen que codifica la enzima afectada por el herbicida, anulando su actividad. Por decirlo de forma muy resumida, cambiando de herbicida se resuelve el problema.

Otra situación distinta es la que se produce cuando la resistencia no está ligada al sitio de acción. Las posibilidades de que la planta genere un mecanismo de resistencia son numerosas. Es más difícil detectar el mecanismo de resistencia. Un mecanismo de resistencia que no está relacionado con el sitio de acción puede afectar a más de un grupo de herbicidas. En concreto, cuando la resistencia se da por metabolización del herbicida puede que se generen resistencias incluso a herbicidas que no solo no se han comercializado sino que incluso aún no se han descubierto. Por tanto, en este caso se dan con frecuencia casos de resistencias cruzadas.

Además de estas dos posibilidades se puede dar una tercera, que es cuando la mala hierba posee resistencia múltiple, combinando ambos tipos de mecanismos. En este caso los individuos resistentes lo son a un gran número de herbicidas, haciendo muy difícil su control empleando solo herbicidas. Esto se da en España en poblaciones de *Lolium rigidum*.

## Cómo gestionar las poblaciones resistentes a los herbicidas. Gestión Integrada

Debido a esta gran cantidad de posibilidades que tienen las malas hierbas de adaptarse a los efectos de los herbicidas, está claro que debemos controlarlas también con la mayor diversificación posible en los métodos utilizados. Cambiar, diversificar, es la norma principal a tener en cuenta.

La causa que genera la aparición de las resistencias a los herbicidas es la presión de selección del herbicida utilizado. Esta presión es variable en función del herbicida en sí mismo. Hay grupos de herbicidas, como son los pertenecientes a los Grupos HRAC, ver cuadro 2, A y B, que tienen una capacidad de selección muy elevada. Sin embargo otros, como los pertenecientes a los Grupos K1 y N tienen esta capacidad en mucho menor grado.

Hay que tener en cuenta que todo lo que acompaña al herbicida utilizado también puede influir en la presión de selección: forma de cultivar, dosis empleada, momento de aplicación, tipo de cultivo, mala hierba a controlar, condiciones ambientales en que se realicen los tratamientos, etc. Todo puede influir, sobre todo si los herbicidas son utilizados de forma reiteradamente igual en el tiempo. La simplificación y repetición en la forma de trabajar aumentan la presión de selección.

<b>Grupo A</b>	<b>Arioxifenoxipropionatos</b> "FOPS": clodinafop-propargil, cya clor-butil, diclofop-metil, fenoxaprop-p-etil, fluzafop-p-butil, haloxafop-r-metil, oropacizafop, quizalclorop-p-etil. <b>Ciclohexanodionas</b> "DIMS": aloxim, etofodim, cicloxdim, profoxdim, sethoxdim, sepraloxim, tralkoxidim. <b>Fenilpirazolinas</b> "DENS": pinoxaden
<b>Grupo B</b>	<b>Sulfonilureas</b> : amidosulfuron, azimsulfuron, bensulfuron-metil, cletsulfuron, fiazasulfuron, metsulfuron-metil, nicosulfuron, prosulfuron, rimsulfuron, sulfosulfuron, tifenilsulfuron-metil, trasulfuron, tribenuron-metil, tritosulfuron. <b>Imidazolinonas</b> : imazamox. <b>Sulfonilamino-carbonil-triazolinonas</b> : propoxycarbazona <b>Triazolpirimidinas</b> : florasulam, metosulam, penoxsulam, piroxsulam
<b>Grupo C1</b>	<b>Triazinas</b> : terbutilazina. <b>Triazinonas</b> : metribuzina, metamitrona. <b>Piridazinonas</b> : cloridazona. <b>Fenil-carbamatos</b> : desmedifam, fenmedifam
<b>Grupo C2</b>	<b>Ureas</b> : clorotoluron, diuron, fluometuron, isoproturon, linuron
<b>Grupo C3</b>	<b>Nitrilos</b> : bromoxinil, ioxinil. <b>Benzothiadiazoles</b> : bentazona
<b>Grupo D</b>	diq:ja:
<b>Grupo E</b>	<b>Difeniléteres</b> : acifluorfen, bifenox, oxifluorfen. <b>Oxadiazoles</b> : oxadiazon, oxadiazil. <b>Triazolinas</b> : azafenidin. <b>Fenilpirazoles</b> : pirafituron
<b>Grupo F1</b>	<b>Nicotinamidas</b> : diflufenican. <b>Otros</b> : betubutamida
<b>Grupo F2</b>	<b>Triketonas</b> : mesotriona, sulcotriona, tembotriona. <b>Isoxazoles</b> : isoxaflutol
<b>Grupo F3</b>	<b>Triazoles</b> : amitrol. <b>Isoxazolidinona</b> : clomazona. <b>Ureas</b> : fluometuron (También C). <b>Oxiacetamidas</b> : flufenacet
<b>Grupo G</b>	gl fosato
<b>Grupo H</b>	glufosinato
<b>Grupo I</b>	No hay herbicidas registrados en España
<b>Grupo K1</b>	<b>Dinitroanilinas</b> : benfluralina, oryzalina, pendimetalina. <b>Benzamidas</b> : propizamida
<b>Grupo K2</b>	clorprifam
<b>Grupo K3</b>	<b>Cloroacetamidas</b> : acetcloro, dimetienamida, metazaclo, metolaclo, petoxamida
<b>Grupo L</b>	isoxaben
<b>Grupo M</b>	No hay herbicidas de este grupo registrados en España
<b>Grupo N</b>	<b>Tiocarbamatos</b> : imipinato, prosulfocarb. <b>Fosforoditiostos</b> : bensuicide. <b>Benzotriazolinonas</b> : etofumesato
<b>Grupo O</b>	<b>Ácidos fenoxi-carboxílicos</b> : 2,4 D, 2,4 DB, 2,4 DP (Diclo-prop), MCPA, MCPP (mecoprop), <b>Ácido benzoico</b> : dicamba. <b>Ácidos piridin-carboxílicos</b> : amipropraida, clopiralida, fluroxipir, gloram, triclopir
<b>Grupo Z</b>	No hay herbicidas de este grupo registrados en España

Tabla 2. Sustancias activas herbicidas autorizadas en España clasificadas de acuerdo con los Grupos HRAC por su mecanismo de acción.

### Importancia de conocer la historia de la parcela

En la gestión de las poblaciones de malas hierbas es fundamental conocer la historia de la parcela: qué malas hierbas le afectan, qué métodos de control se han utilizado, qué eficacia se ha obtenido, como va evolucionando la eficacia obtenida,...

Un análisis adecuado del historial nos permitirá detectar las resistencias de forma precoz y, así, adoptar las medidas correctoras necesarias antes de que la resistencia se haya manifestado totalmente.

El historial nos permitirá también detectar a qué herbicidas se ha generado la resistencia y, en muchos casos, nos dará indicios de si se trata de resistencias por mutación o por metabolismo. De esta manera se tendrán datos para no insistir en un determinado grupo de herbicidas o para decidir incluso el cambio de cultivo, por ejemplo, cuando se determine que se está ante una población de una mala hierba con una resistencia múltiple.

### Que herramientas se pueden utilizar

En primer lugar, debe establecerse una estrategia de manejo de las malas hierbas. Esto incluye adoptar todas las medidas necesarias, tanto para evitar que el campo se contamine con semillas o propágulos como evitar que se reproduzcan y proliferen en el propio campo.

Toda estrategia debe incluir, además, métodos de control tanto químicos como no químicos para obtener el control deseado. El conjunto de métodos de control de malas hierbas deben ser utilizados de forma integrada. Es decir, todos los métodos se deben usar de forma conjunta de manera que refuercen unos a otros y deben ser utilizados en el momento en que la mala hierba sea lo más sensible.

Como métodos no químicos, en el caso de cultivos herbáceos, pueden utilizarse los siguientes:

- 1 Indirectos, no se incide directamente en la mala hierba a controlar sino que se procura un ambiente lo más desfavorable a su desarrollo.
  - a Preventivos.
  - b Ligados al cultivo.
    - i Laboreo.
    - ii Rotaciones de cultivo.
    - iii Siembras retrasadas.
- 2 Directos, se incide directamente sobre la planta a controlar respetando al cultivo que se desea proteger.
  - a Físicos.
    - i Control de la temperatura, eliminando a las malas hierbas por calor o frío.
    - ii Control de la luz impidiendo el desarrollo de la mala hierba con una cubierta.
    - iii Control mecánico.
  - b Biológicos.

En el caso de emplear herbicidas debe tenerse en cuenta la combinación de sustancias que generen distinto mecanismo de resistencia. Como esto es aún poco conocido a nivel de agricultor, deberán combinarse al menos herbicidas con distinto mecanismo de acción. En la tabla siguiente se enumeran las sustancias activas actualmente disponibles en España agrupadas según los criterios HRAC (Tabla 2).

El manejo integrado de las malas hierbas es de difícil adopción por parte del agricultor. Es difícil asumir que cuando un método de control funciona adecuadamente y es económico no se puede utilizar de forma reiterada, debe sustituirse o complementarse por otro. Esta decisión implica, por tanto, el empleo de otro método que, al menos de forma inmediata, no es tan eficiente.

Por todo ello, al establecer y proponer un manejo integrado de las malas hierbas, la propuesta debe tener en cuenta los siguientes criterios:

1. El plan propuesto debe de ser lo más sencillo posible.
2. Las infestaciones de malezas deben ser cuantificadas en cada campo.
3. Ha de ser flexible, capaz de adaptarse a las condiciones de cultivo en el momento en que se aplica.
4. Se debe fundamentar sobre la base de un buen conocimiento del ciclo de vida y características biológicas de las malas hierbas a controlar.
5. Ha de estar adaptado a las condiciones de los agricultores:
  - a. Son importantes los aspectos humanos que intervienen en el control de malezas.
  - b. El agricultor suele trabajar solo. Necesita un asesor que le oriente en la adopción de las mejores decisiones.
  - c. Ha de estar adaptado a la situación de explotación, por ejemplo, en lo que se refiere a clima, suelo, sistema de cultivo.
6. Es muy importante en la prevención de la resistencia el conocimiento del historial del campo.
7. Desde el punto de vista económico, debe ser barato a corto plazo y vinculado a obtener rentabilidad a largo plazo.



## Fuentes de información actualizadas y comentadas sobre resistencias de la malas hierbas a los herbicidas

Existe información abundante sobre las resistencias de las malas hierbas a los herbicidas. Como este trabajo no permite una mayor extensión y detalle, ofrecemos a continuación una selección de diez artículos o material de divulgación que completa y actualiza lo expuesto hasta aquí.

1. Información disponible en la web de la Sociedad Española de Malherbología ([http://www.semh.net/resistencia\\_herbicidas.html](http://www.semh.net/resistencia_herbicidas.html)).

En esta web se pueden encontrar todos los trabajos realizados en España sobre resistencias y su manejo que hayan sido presentados a sus Congresos o Reuniones. De forma especial destacamos estos dos trabajos

**a. Desarrollo de resistencias a herbicidas en malas hierbas; causas y prevención.** Se trata de una introducción didáctica realizada por la Dra. M.C. Chueca sobre resistencias de las malas hierbas a los herbicidas y porque se producen. Es muy didáctica

**b. Folletos divulgativos CPRH sobre la gestión de resistencias en las principales malas hierbas que afectan a los cultivos españoles.** Elaborados por los miembros del Grupo de Trabajo de dicha Sociedad Comité para la Prevención de Resistencias a los herbicidas (CPRH). Actualmente hay folletos de *Lolium*, *Papaver*, *Echinochloa*, *Chenopodium*, *Avena* y un folleto general sobre cómo prevenir las resistencias a los herbicidas.

**2. Integración de sistemas no químicos en la lucha contra la resistencia de malezas.** Trabajo realizado por C. Zaragoza y A. Cirujeda el año 2005 para el Seminario-Taller sobre resistencias a herbicidas y cultivos transgénicos. INIA Uruguay, coorganizado por FAO, INIA España y la Facultad de Agronomía. CPCS Colonia en Uruguay. Explica de forma muy didáctica las posibilidades de control no químico que se pueden integrar con los herbicidas a fin de gestionar las poblaciones de malas hierbas resistentes a los herbicidas. Está disponible en Internet:

[http://www.inia.org.uy/estaciones/la\\_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/zaragozacarlos.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/zaragozacarlos.pdf).

**3. Evolving understanding of the evolution of herbicide resistance.** Artículo redactado en inglés por J. Gressel en la revista *Journal of Pest Management Science* el año 2009; volumen 65 páginas 1164–1173. En este artículo se explica cómo las resistencias son fruto de la adaptación de las malas hierbas a la presión de selección de los herbicidas

**4. Evolution in Action: Plants Resistant to Herbicides.** Artículo publicado en la revista *Annual Reviews Plant Biology* en el año 2010. Volumen 61 páginas 317 a 347. Es una revisión bibliográfica realizada por Stephen Powles y Qin Yu. en la que se describen los principales mecanismos de resistencia de la mayoría de Grupos de Herbicidas.

**5. Herbicide cross resistance in weeds.** Es un artículo publicado por Hugh J. Beckie el pasado año 2012 en la revista *Crop Protection*, volumen 35, páginas 15 a 28. Se trata de otra revisión bibliográfica similar a la anterior, más reciente, que permite comprender los mecanismos de resistencia de la mayoría de Grupos de Herbicidas, así como las resistencias cruzadas y

múltiples que se presentan entre los distintos herbicidas. Esta información facilita la decisión sobre qué herbicidas se deben alternar a fin de gestionar de forma correcta las resistencias.

**6. Integrated Weed Management. Tools, Guidelines and Strategies for Integrated Weed Management.** Redactada por el Integrated Weed Management and Resistance Biology Group de Bayer CropScience el año 2009, tiene 41 páginas. Es una Guía sobre Manejo Integrado de Malas Hierbas elaborada por Bayer CropScience en que se explica de forma muy ordenada y didáctica en que consiste, con numerosas referencias a trabajos de investigación actuales a los cuales se puede acceder mediante la bibliografía que se aporta al final de esta Guía. Está disponible en formato pdf en Internet.

**7. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations.** Elaborado por varios autores, este artículo expresa la opinión de la Sociedad Americana de Malherbología (WSSA, Weed Science Society of America) sobre las resistencias a los herbicidas y la gestión de las mismas. Está publicado en la revista *Weed Science* en el número especial dedicado a esta temática el pasado año 2012. Volumen 60, número especial, páginas 31 a 62.

**8. Managing weeds in arable rotations – a guide.** Es una guía elaborada por el WRAG (Weed Resistant Action Group) inglés. Proporciona información sobre control integrado con numerosos ejemplos de resultados obtenidos. Está disponible en Internet en la página <http://www.hgca.com>

**9. Plant & Soil Sciences eLibraryPRO.** Curso on-line de acceso libre de la Universidad de Nebraska, contiene videos explicativos, entre otros temas, de los mecanismos de acción de los herbicidas y mecanismos de resistencia. Muy didáctica, está disponible en Internet en la dirección <http://passel.unl.edu/pages/index2col.php?category=weedsience>

**10. Control integrado de *Lolium rigidum* en sistemas extensivos de secano.** Resultados de un ensayo de demostración. Redactado por Taberner A., Roque A., Llenes J.M., Montull J.M., López A. el año 2011 y publicado en *Phytoma España*, número 234 en la página 96. En este trabajo se describe un ejemplo de integración de tipos de cultivo y fechas de siembra para el manejo de una población de *Lolium rigidum* resistente a herbicidas. Se propone como un ejemplo de actividad a realizar a fin de transferir estos conocimientos a los agricultores.

**11. Manejo de poblaciones resistentes a herbicidas. 100 preguntas sobre resistencias.** Librito de 67 páginas publicado por la FAO en 2007 realizado por A. Taberner, C. Zaragoza y A. Cirujeda. Tiene una parte dedicada a control no químico que completa a la referencia citada anteriormente. También propone ejemplos de programas para jornadas transferencia sobre prevención de resistencias destinadas a agricultores. Está disponible en Internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1422s/a1422s00.pdf>

**Agradecimientos:** En este artículo han colaborado con sus sugerencias los miembros del Grupo de Trabajo CPRH, especialmente C. Chueca, C. Zaragoza, I. Calha, I. Garnica, I. González, J. Ayala, J. Costa, J. Recasens, J.M. Llenes, J.M. Montull.