



MALAS HIERBAS

Resistentes a HERBICIDAS

Por: Julio Menéndez Calle y Rafael de Prado Amian*

INTRODUCCIÓN

La resistencia de las malas hierbas a herbicidas no es un fenómeno aislado. La resistencia a los pesticidas es un problema mundial que no se limita a ninguna categoría de plaga en particular. El primer informe sobre insectos resistentes a insecticidas se dio a conocer en 1980; en 1940 aparecen los primeros patógenos vegetales resistentes a fungicidas y en 1968 las primeras malas hierbas resistentes a herbicidas (triazinas). En 1991 ya se habían clasificado en todo el mundo 120 biotipos de malas hierbas resistentes a herbicidas pertenecientes a 16 familias químicas. Los primeros casos documentados en España de resistencia a herbicidas son tres biotipos de *Amaranthus* spp. resistentes a simazina caracterizados en 1984. Desde entonces se han caracterizado diversos biotipos resistentes a herbicidas pertenecientes a 16 especies distintas de malas hierbas (Tabla 1).

¿POR QUÉ PREOCUPARNOS POR LA RESISTENCIA A HERBICIDAS?

Tanto en los cultivos leñosos como en los cultivos herbáceos extensivos tradicionales existen muchas opciones de herbicidas. Entonces, ¿por qué preocuparse de si un biotipo de mala hierba es resistente o no a un herbicida en particular? Existen varias razones. En una época en la que tanto los costes de desarrollo de nuevos herbicidas como los costes de registro para los herbicidas más antiguos son extremadamente elevados, disminuye la posibilidad de reemplazar los herbicidas perdidos debido a la aparición de resistencia. En el caso de que un biotipo de mala hierba sea resistente a más de un herbicida (es decir, una resistencia cruzada), muchas alternativas de herbicidas podrían perderse rápidamente

Identificar las malas hierbas

No abusar de los herbicidas

Combinar métodos químicos y mecánicos

Rotar herbicidas con distintos puntos de acción

te para varios cultivos. A causa de esta resistencia cruzada, es posible que gran parte de estos problemas hayan de ser resueltos por un sistema de prueba y fallo que puede resultar ser muy caro para el agricultor, ya que en la mayoría de los casos no va a ser tarea fácil ni barata el evaluar los biotipos resistentes a las malas hierbas. Por último, pero no por ello menos importante, ni que decir tiene que la pérdida de opciones en la rotación de herbicidas podría ocasionar importantes consecuencias económicas y medioambientales en la agricultura.

El problema de la resistencia a herbicidas sí tiene soluciones y tal vez el mejor sitio por donde empezar sería considerar que los herbicidas son un recurso digno de conservarse. Las estrategias para la prevención de la resistencia seguirán a partir de esta premisa.

TABLA 1. Biotipos resistentes a herbicidas detectados en España

Especie	Localidad	Herbicida	Cultivo
<i>A. theophrasti</i>	Co y Se	At	Maíz
<i>A. myosuroides</i>	Le	Cl	Trigo de invierno
<i>A. albus</i>	Co	Si	Olivar
<i>A. blitoides</i>	Co	Si	Olivar
<i>A. cruentus</i>	Za	At	Maíz
<i>A. hybridus</i>	Co, Ta y Za	At	Maíz
<i>A. retroflexus</i>	Ta y Za	At	Maíz
<i>B. tectorum</i>	Co	Cl/Si	Trigo/Olivar
<i>C. album</i>	Co, Ta y Za	At	Maíz
<i>C. bonariensis</i>	Ja	Si	Olivar
<i>C. canadensis</i>	Ja y Hu	Si	Olivar-H. autopista
<i>Conyza</i> spp	Se	Im	Granja avícola
<i>E. crus-galli</i>	Se	At-Qui	Maíz-Arroz
<i>L. rigidum</i>	Co y Le	Cl/Di/Si	Trigo/Trigo/Olivar
<i>P. rhoeas</i>	Le	Cs	Trigo
<i>P. Lapathifolium</i>	Se	At	Maíz
<i>S. glauca</i>	Co	At	Maíz
<i>S. nigrum</i>	Co	At	Maíz

(*) Departamento de Química Agrícola y Edafología, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Córdoba.

Localidad: Co. Córdoba; Hu. Huesca; Ja. Jaén; Le. Lérida; Se. Sevilla; Ta. Tarragona; Za. Zaragoza. Herbicidas: At. Atrazina; Cl. Clortoluron; Cs. Clorsulfuron; Di. Diclofop-metil; Im. Imazapir; Qui. Quinclorac; Si. Simazina.

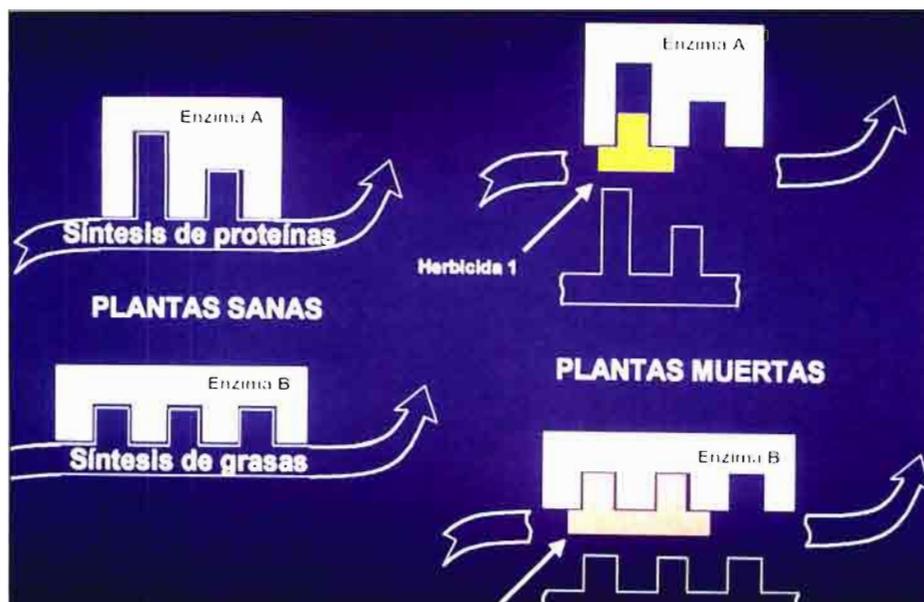


FIGURA 1

Enzimas. Las enzimas funcionan como agentes que desencadenan los procesos biológicos. Cada una de ellas tiene funciones sumamente específicas. Lo que da como resultado que muchas enzimas distintas estén implicadas en los diferentes procesos biológicos que ocurren dentro de una planta. Algunos herbicidas pueden hacer que determinadas enzimas dejen de funcionar y esto conlleva la interrupción de algunos procesos vegetales específicos lo que a menudo conduce a la muerte de la planta. Esta relación herbicida/enzima es muy específica y cualquier modificación química del herbicida o de la enzima puede eliminar la actividad del primero.

DEFINICIONES

Cuando se habla sobre resistencia a herbicidas, se utilizan varios términos para caracterizar poblaciones de malas hierbas en lo que hace al uso de herbicidas. Estos términos incluyen:

Un biotipo es un grupo de plantas dentro de una especie con características biológicas que no son comunes a la población en conjunto y que por lo tanto tiene una composición genética levemente diferente de los demás miembros de la población de la especie. Por ejemplo, un híbrido de maíz es un biotipo de maíz y el amaranto común resistente a la atrazina es un biotipo de *amaranthus* spp. Así, en la mayoría de los casos, los biotipos específicos no son fácilmente reconocibles en un examen visual.

El modo de acción es la secuencia de eventos producidos por el herbicida que llevan a la muerte de la mala hierba.

El sitio de acción es sitio bioquímico dentro de la planta con el cual el herbicida interactúa directamente. Algunas interacciones de los sitios de acción del herbicida han sido perfectamente comprendidas, otras son desconocidas. Muchos de los sitios de acción conocidos son enzimas o proteínas esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta (Figura 1). Además, se cree que algunos herbicidas actúan en múltiples sitios.

El metabolismo se refiere a los procesos bioquímicos dentro de la planta, los

cuales generalmente modifican los herbicidas transformándolos en compuestos más (activación de herbicidas) o menos tóxicos (destoxificación de herbicidas). La mayor o menor tasa de metabolismo de herbicida entre los cultivos y las malas hierbas es un método primario para la selectividad del cultivo al herbicida. Un sólo proceso metabólico podría afectar a varias familias de herbicidas diferentes.

Las familias de herbicidas son una manera apropiada de organizar los herbicidas que comparten una estructura química en común y/o que poseen una actividad herbicida similar. Dos o más familias de herbicidas podrían afectar al mismo sitio de acción y por lo tanto expresan una actividad herbicida y síntomas de lesiones similares. Para recabar información sobre el sitio de acción y la familia química de un determinado herbicida, se pueden consultar las tablas de clasificación de herbicidas publicadas por el CPRH (Comité para la prevención de resistencia a herbicidas).

La intensidad de selección con respecto a la resistencia a herbicidas es el grado hasta el cual las medidas de control químico de malas hierbas (es decir, los herbicidas) en un sistema de cultivo proporcionan una ventaja competitiva a un biotipo de mala hierba o a un cultivo resistente a un herbicida en particular.

La sensibilidad a un herbicida significa que se ha matado a un determinado biotipo de mala hierba o de cultivo con la cantidad recomendada de uso de un herbicida.

La resistencia a un herbicida es la capacidad heredable de un biotipo de una mala hierba o de un cultivo para sobrevivir a la aplicación de un herbicida al cual la población original era sensible. Actualmente, los mecanismos de resistencia a herbicidas conocidos en plantas son: la falta de absorción, penetración o translocación al sitio de acción del herbicida; una alteración en el sitio de acción del herbicida, el metabolismo del herbicida y la eliminación del herbicida del sitio de acción (sequestración).

La resistencia cruzada al herbicida se refiere al biotipo de mala hierba o de cultivo que ha desarrollado un mecanismo o mecanismos de resistencia a un herbicida que también le permite ser resistente a otros herbicidas. La resistencia cruzada puede ocurrir con herbicidas dentro de la misma familia o en diferentes familias de herbicidas y con el mismo o diferentes sitios de acción. Por ejemplo, después del uso extensivo del herbicida A en una pradera, se comprueba que la selección de un biotipo de mala hierba resistente al herbicida A es también resistente al herbicida B aunque nunca se haya utilizado el herbicida B en dicho campo.

La resistencia múltiple al herbicida se refiere a un biotipo de mala hierba o de cultivo que ha desarrollado mecanismos de resistencia a más de un herbicida cuando se ha originado la resistencia mediante procesos distintos de selección. Por ejemplo, después de que un biotipo de mala hierba o de cultivo hubo desarrollado una resistencia al herbicida A, entonces se utilizó el herbicida B y la resistencia se produjo en el herbicida B. Ahora la planta es resistente a ambos herbicidas A y B mediante dos procesos distintos de selección.

CONCEPTOS ERRÓNEOS

1. SE CREE QUE la resistencia a herbicidas en las malas hierbas está restringida a los herbicidas nuevos que se emplean a bajas dosis de materia activa por hectárea.
CUANDO EN REALIDAD la resistencia a herbicidas es un problema potencial para todos los herbicidas, y no solamente para los nuevos.
2. SE CREE QUE una mala hierba resistente a un herbicida con un determinado modo de acción es automáticamente resistente a cualquier herbicida con ese mismo modo de acción.
CUANDO EN REALIDAD una mala hierba puede ser resistente a un único herbicida, familia química de herbicidas, herbicidas con mismo modo de acción e incluso a herbicidas completamente diferentes y con distinto modo de acción.
3. SE CREE QUE una vez que una mala hierba se ha vuelto resistente a un herbicida, no puede ser controlada por otros medios.



CUANDO EN REALIDAD se ha logrado un manejo eficaz de poblaciones de malas hierbas resistentes mediante el uso racional de herbicidas alternativos o mezclas, en combinación con prácticas culturales.

¿DE QUÉ MANERA OCURRE LA SELECCIÓN DE BIOTIPOS DE MALAS HIERBAS RESISTENTES?

Cualquier práctica agrícola que continúa sin cambios a lo largo de un extenso período de tiempo puede cambiar la composición de la flora arvense de un cultivo. Refiriéndonos a los herbicidas, este cambio puede deberse a una inversión de flora. Es decir, a que el espacio dejado en el ecosistema agrícola por las malas hierbas eliminadas mediante herbicidas es ahora ocupado por otras especies no presentes (o al menos de manera importante) en dicho ecosistema y que se muestran más tolerantes a los medios químicos empleados. Pero también puede deberse a la aparición de mutantes resistentes a herbicidas. La existencia de mutantes en la naturaleza es un hecho generalizado. Estos individuos están presentes en un bajo porcentaje en todas las especies, y suelen estar menos adaptados al medio que sus congéneres no mutantes (silvestres), por lo que no suelen prosperar. La selección de resistencia a herbicidas empieza cuando un pequeño número de mutantes (un biotipo) dentro de una especie de mala hierba posee una configuración genética que les permite sobrevivir a la aplicación de un determinado herbicida. No queda claro el origen de esta diferencia en la configuración genética, sin embargo, no se tiene conocimiento de que los herbicidas sean causantes directos del cambio genético (es decir, de la mutación) que permite la resistencia. Cuando se aplica un herbicida, la mayor parte de las malas hierbas sensibles mueren pero las pocas que componen el biotipo resistente sobreviven, maduran y producen semillas. En el caso de que se siga aplicando el mismo herbicida y las malas hierbas resistentes se reproduzcan, el porcentaje de la población de malas hierbas que es resistente aumentará. (Figura 2).

Es difícil predecir exactamente qué especie de mala hierba será más proclive a producir biotipos resistentes a un herbicida determinado. Sin embargo, hemos aprendido de los problemas anteriores de resistencia a otros pesticidas que la incidencia de malas hierbas resistentes a herbicidas está directamente relacionada con el programa de control utilizado, las especies de malas hierbas presentes y las prácticas de control de cultivos empleadas.

LA INTENSIDAD DE LA SELECCIÓN - CLAVE PARA LA PREVENCIÓN

La intensidad de la selección actúa, en cierto sentido, como un tamiz que elimina

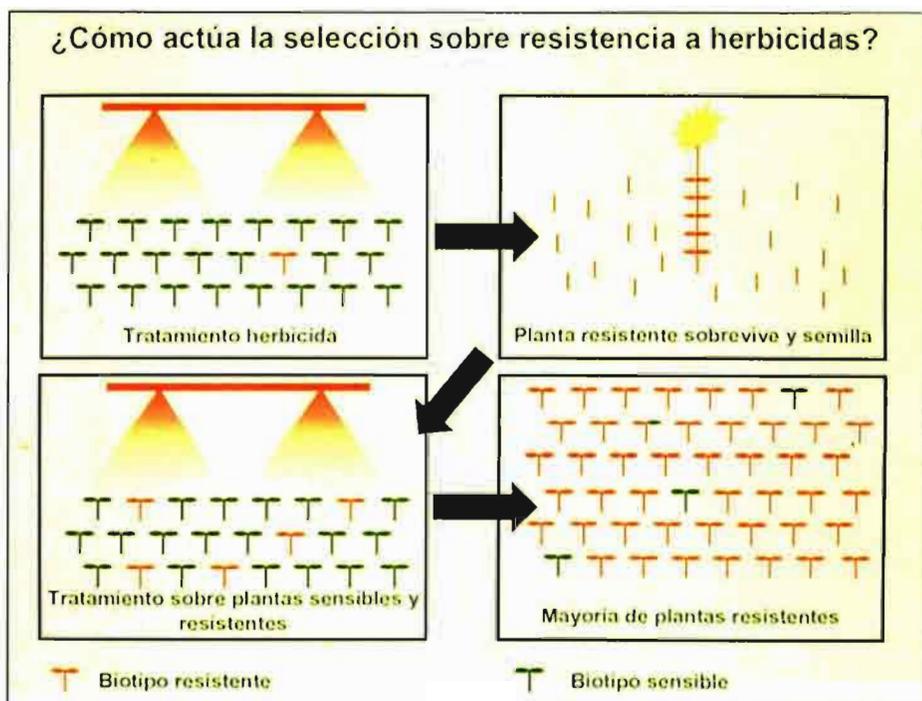


FIGURA 2

La selección de resistencia a un herbicida comienza cuando un mutante resistente sobrevive a una aplicación de herbicida determinada. El biotipo resistente sobrevive, madura y semilla. Si se sigue aplicando el mismo herbicida y las malas hierbas resistentes se reproducen, al final del proceso la mayor parte de las malas hierbas serán resistentes al herbicida.

los biotipos de malas hierbas sensibles mientras deja a los biotipos resistentes. Por definición, los herbicidas son elementos que matan eficazmente a las malas hierbas; por lo tanto, tienen un potencial para ejercer una intensidad importante de selección en las malas hierbas. Cuanto más sensible sea una especie de mala hierba a un herbicida determinado (es decir, cuanto mayor el control de las malas hierbas) la intensidad de selección será mayor. Por consiguiente, el ritmo de la selección para la resistencia puede ser bastante rápido si el mismo herbicida o herbicidas, con el mismo sitio de acción, se utilizan repetidas veces en un campo en particular.

Con herbicidas tan eficaces como los disponibles hoy en día, puede pensarse que sería fácil observar el aumento en el número de biotipos resistentes a herbicidas. Este no es el caso. Los biotipos resistentes son generalmente sólo detectables cuando componen alrededor del 30% de la población total. Durante los primeros años de un programa de control de malas hierbas basado en un único herbicida, la proporción de los biotipos resistentes es muy baja (menos de 1% de la población). Mientras siga haciéndose la aplicación de este herbicida y los biotipos resistentes se reproduzcan, aumentará la proporción de la población resistente hasta alcanzar una fase exponencial. En resistencia a herbicidas es muy corriente el pasar de un exce-

lente control de una especie determinada de mala hierba a un control mediocre de un año para otro. Las pérdidas graduales en eficacia herbicida no son observables con frecuencia, siendo sus causas explicadas más adelante. La Figura 3 representa el aumento rápido previsto en la proporción de una población de *Kochia scopara* resistente después de aplicaciones anuales reiteradas del herbicida clorsulfurón. En condiciones de campo, la resistencia a sulfonilureas ha sido constatada transcurridos de 3 a 5 años de uso continuo. Con respecto a triazinas, la resistencia aparecía generalmente después de 7 o más años de su utilización reiterada. Por lo tanto, y dependiendo de la proporción de la población que era inicialmente resistente a un herbicida, el uso reiterado de un producto durante más de 2 años podría dar lugar a problemas de resistencia a dicho herbicida.

FACTORES DEL HERBICIDA QUE INCREMENTAN LA INTENSIDAD DE SELECCIÓN

Las características de los herbicidas que afectan a la resistencia al herbicida son las siguientes:

1. Sitio único de acción.
2. Muy alta actividad y efectividad en el control de un amplio espectro de malas hierbas.
3. Alta persistencia residual en el suelo.

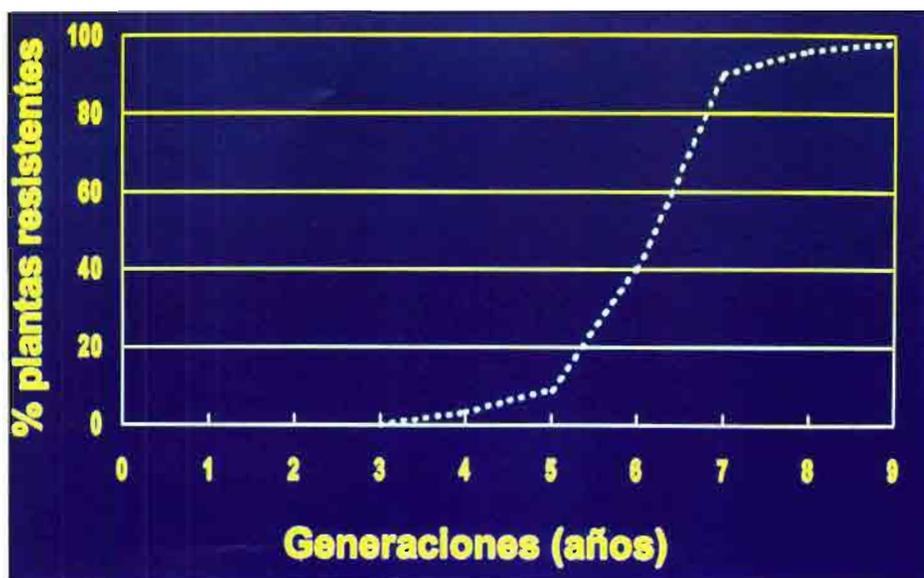


FIGURA 3

Simulación de la progresión de un biotipo de *Kochia scopara* resistente dentro de una población sensible expuesta a reiteradas aplicaciones anuales de clorsulfurón. Esta simulación presupone una población inicial de 100.000 semillas/m², con una probabilidad de existencia en la población inicial de biotipos resistentes de 1 entre 10.000.000 y un 90% control de malas hierbas.

4. Aplicación frecuente y durante varios años agrícolas sin rotación, alternancia o combinación con otros métodos de control (mecánicos, culturales, etc.) u otros tipos de herbicidas con diferente modo de acción.

• **Herbicidas con un único sitio de acción y herbicidas con múltiples sitios de acción.**

Teóricamente, la resistencia a herbicidas con un solo sitio de acción puede suceder más rápidamente que la resistencia a herbicidas con múltiples sitios de acción. El razonamiento que justifica esta afirmación se base en que sólo es necesaria una mutación para desarrollar un biotipo resistente a herbicidas con un solo sitio de acción, mientras que para los otros se necesitan varias mutaciones (Figura 4).

• **La Resistencia Cruzada y los Sitios de Acción de Herbicidas**

El cambio en un sitio de acción que da como resultado una resistencia a un herbicida determinado podría o no terminar en resistencia a otros herbicidas que son activos en el mismo sitio de acción. El motivo de ello es que un sitio de acción determinado (es decir, una enzima) puede tener muchos puntos de enlace diferentes a los que el herbicida puede unirse, y dichos sitios de unión pueden ser muy específicos para los distintos herbicidas. Por consiguiente, varios herbicidas distintos podrían unirse a la misma enzima pero en diferentes sitios de enlace (Figura 5). El cambio de alguno de estos sitios de unión podría resultar en la pérdida de afinidad por el enzima de ciertos

herbicidas mientras que otros no se verían afectados. Así, una mutación en 1 proporcionaría resistencia al herbicida A; una mutación en 2 a los herbicidas A y B; una mutación en 3 al herbicida B; una mutación en 4 solamente al herbicida C; y una mutación en 5 no conferiría resistencia. En consecuencia, no es posible predecir una resistencia cruzada sin utilizar complejas técnicas bioquímicas que analicen la estructura del sitio de acción. Sin embargo, la mayor probabilidad de que aparezca una

resistencia cruzada se encuentra entre los herbicidas de la misma familia química y que tienen el mismo sitio de acción.

• **Resistencia a Herbicidas por incremento en la detoxificación**

Independientemente de si un herbicida está actuando en sitios de acción únicos o múltiples, a menudo es metabolizado (degradado) a compuestos no tóxicos por los cultivos o malas hierbas antes de llegar al sitio principal de acción. Por lo tanto, el grado y la velocidad a la que el herbicida se metaboliza juega un papel importante para determinar el daño en el cultivo y el control de las malas hierbas. Al igual que ocurría con los herbicidas con uno o varios sitios de acción, la regulación genética de un proceso metabólico va a influir en la probabilidad de desarrollar una resistencia a herbicidas debido a un metabolismo modificado. Un ejemplo: el cambio en sólo en gen modifica el grado de metabolismo de la atrazina en algunos biotipos de *Abutilon theophrasti*. Sin embargo se cree que la mayoría de los procesos metabólicos están controlados por varios genes lo que reduce la probabilidad (aunque no elimina la posibilidad) de la aparición de biotipos de malas hierbas resistentes a herbicidas por metabolismo. En caso de que apareciera una resistencia metabólica, ésta podría ser especialmente problemática puesto que los procesos metabólicos de detoxificación afectan usualmente a varias familias químicas de herbicidas distintos que no comparten un sitio de acción en común. Dejando de lado el mecanismo de resistencia, la clave para la prevención de la resistencia a herbicidas es la reducción de la intensidad de selección.



FIGURA 4

El desarrollo de resistencia a herbicidas con un único sitio de acción es más probable que en herbicidas con sitios de acción múltiples, puesto que una alteración (una mutación) en un sólo gen podría bastar para afectar el potencial de unión de un herbicida a un único sitio de acción. Es menos probable que las mutaciones apropiadas ocurran en sitios múltiples de acción.

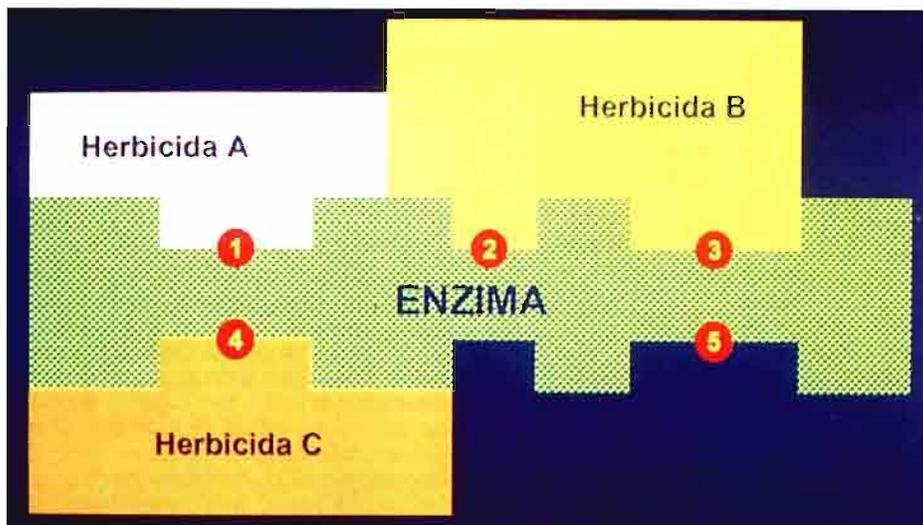


FIGURA 5

Las alteraciones (mutaciones) en un sitio de acción podrían o no tener como consecuencia una resistencia a otros herbicidas de la misma familia o que interactúan en el mismo sitio de acción. El resultado depende de la relación con el sitio de acción del herbicida. Por ejemplo, los herbicidas A y B podrían compartir parte de un sitio de unión en una enzima determinada mientras que el herbicida C podría unirse en un sitio totalmente distinto de la enzima. Por lo tanto, un cambio genético que afecta a la enzima podría ejercer efectos diferentes en cualquier relación herbicida-enzima en particular y en los correspondientes efectos fitotóxicos en los cultivos o el control de malas hierbas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS MALAS HIERBAS QUE FAVORECEN LA RESISTENCIA

Por su propia naturaleza las malas hierbas poseen una gran diversidad genética que les confiere capacidad para adaptarse a muchos ambientes distintos. Por ejemplo, el cortar un césped de forma reiterada es selectivo para plantas de bajo crecimiento que no se ven afectadas por la siega repetida. Por consiguiente, no debería sorprendernos que las malas hierbas puedan adaptarse a ciertos programas de herbicidas. Las malas hierbas con gran diversidad genética cuentan con una posibilidad de entre un 1.000.000 de producir un biotipo resistente viable dentro de una población silvestre. Aunque esta probabilidad parezca remota, una posibilidad entre un millón de incidencia puede traducirse en una importante probabilidad de seleccionar un biotipo de mala hierba resistente a herbicidas. Baste recordar que en determinadas especies un solo individuo puede producir miles de semillas.

A medida que un biotipo resistente a herbicidas se vuelve más predominante en la población de malas hierbas, dos factores cobran una mayor importancia:

1. La capacidad de reproducción de la mala hierba: Cuanto mayor sea el éxito reproductivo del biotipo resistente, mayor será el potencial del mismo para extenderse y asentarse como parte dominante de la población. Debido a la viabilidad de varios años de la mayor parte de las semillas de malas hierbas, una vez que se haya establecido, será difícil eliminar un biotipo

resistente a herbicidas de la población aunque se haga un uso extensivo de medidas de control de diversa índole.

2. Los mecanismos de dispersión de las semillas de malas hierbas: Como consecuencia de los diversos mecanismos de dispersión de las semillas de malas hierbas, es obvio que los agricultores deberán siempre emplear buenas estrategias de control de la resistencia a herbicidas con el fin de impedir tanto la exportación como la importación de semillas resistentes a través de canales de riego, cosechadoras u otra maquinaria.

3. La competitividad del biotipo resistente: ¿El biotipo resistente es igual, 20, 40 u 80% menos competitivo que el susceptible?

DIAGNOSTICAR LAS MALAS HIERBAS RESISTENTES A HERBICIDAS

Antes de suponer que cualquier mala hierba que sobrevive a una aplicación de herbicida es resistente, habrá que eliminar otros factores que podrían haber afectado al comportamiento del herbicida. Algunos de estos factores pueden ser: una aplicación errónea, condiciones meteorológicas desfavorables, el elegir un momento inoportuno para la aplicación, una abundancia de malas hierbas después de aplicar un herbicida no residual, o una inversión de flora hacia especies más tolerantes al herbicida normalmente empleado. En caso de que la resistencia sea una posibilidad razonable, compruebe lo siguiente:

1. ¿Se han controlado de forma satisfactoria las otras malas hierbas reseñadas en la

etiqueta del producto? Es bastante improbable que aparezcan a la vez en un determinado campo biotipos resistentes a herbicidas de varias especies de malas hierbas. Por consiguiente, en el caso de que estén presentes varias especies de malas hierbas normalmente sensibles, empiece a reconsiderar que otros factores y no la resistencia a herbicidas son los causantes de la falta de control de las malas hierbas.

2. ¿Fracasaron el año anterior el mismo herbicida o el herbicida con el mismo sitio de acción en la misma zona de la pradera?

3. ¿Los historiales de la pradera indican un empleo extenso del mismo herbicida o herbicidas con el mismo sitio de acción año tras año?

Al existir una o más de estas tres situaciones, es posible que las malas hierbas detectadas sean resistentes al herbicida. En caso de que se sospeche una resistencia, controle las malas hierbas con un herbicida que posea otro sitio de acción o emplee métodos adecuados no químicos de control de malas hierbas para impedir que las malas hierbas resistentes semillen. Seguidamente, póngase en contacto con el especialista en cultivos de su localidad, su agente de extensión, experto provincial en malas hierbas y el distribuidor y/o compañía de productos químicos apropiada para desarrollar un programa integrado de control de malas hierbas con el fin de resolver el problema.

CULTIVOS RESISTENTES A HERBICIDAS

En los últimos diez años, ciertas investigaciones han sido orientadas hacia la introducción mediante técnicas de ingeniería genética de resistencia a herbicidas en determinados cultivos. Las ventajas son obvias: en cultivos consideradas como "menores" resulta más económico introducir la resistencia a herbicidas en una variedad que desarrollar nuevos herbicidas selectivos para las actuales variedades de cultivo. En los cultivos considerados como "mayores" (trigo, remolacha, maíz, soja), las variedades resistentes a herbicidas podrían ser útiles en lugares donde existen malas hierbas difíciles de controlar o en donde las condiciones medioambientales exigen emplear herbicidas específicos a los cuales el cultivo es normalmente sensible.

El empleo de variedades resistentes a herbicidas podría aumentar el potencial para seleccionar malas hierbas resistentes a herbicidas a menos que se siga una cuidadosa prácticas de control. La respuesta, una vez más, radica en la intensidad de la selección. El hecho de que en la mayoría de estos cultivos transgénicos la resistencia introducida lo sea a herbicidas totales (no selectivos), puede fomentar en los agricultores el mal uso de estas variedades a través del empleo de un único herbicida o familia de herbicidas a lo largo de varias rotaciones de cultivos, lo cual aumentarían

la intensidad de selección para las malas hierbas resistentes a herbicidas.

Las variedades y/o híbridos resistentes a herbicidas deben ser cuidadosamente evaluados con respecto a otras características agronómicas como puedan ser el rendimiento o la resistencia a enfermedades. Estas características deberían compararse con las de los otros híbridos o variedades adecuados del mercado, tengan o no resistencia a herbicidas. Esto asegurará que los agricultores obtengan los mejores resultados globales agronómicos a cambio de su dinero. También será importante que se anote con precisión la ubicación exacta de los cultivos resistentes a herbicidas con el fin de evitar una inadecuada aplicación de herbicidas.

1. **Emplee** los herbicidas sólo cuando sea necesario. Siempre que sea posible, las aplicaciones de herbicidas deberían basarse en los umbrales económicos. La toma de decisiones siguiendo modelos de umbral económico puede ser muy útil.

2. **Rote** herbicidas con distintos sitios de acción. **No** realice más que dos aplicaciones consecutivas de herbicidas con el mismo sitio de acción en el mismo campo a no ser que otras prácticas eficaces de control estén también incluidas en el sistema de cultivo. Estas dos aplicaciones consecutivas pueden consistir bien en una sola aplicación anual durante dos años o bien dos aplicaciones por separado en un año.

3. **Aplique** herbicidas mezclados en depósito, pre-empaquetados, o mezclas

en serie que incluya varios sitios de acción. Sin embargo, ambos herbicidas deberían poseer una buena actividad contra las malas hierbas potencialmente resistentes para que esta estrategia sea eficaz. Recuerde que en el pasado, las malas hierbas seleccionadas para la resistencia a herbicidas a menudo no eran la especie principal a controlar. Evidentemente, el aplicar combinaciones de herbicidas que duplican un amplio espectro de la actividad de control de malas hierbas podría resultar costoso. Sin embargo, un gran número de las combinaciones de herbicidas más económicas podrían no ser las adecuadas.

4. **Programa una rotación** de cultivos, especialmente aquellos con ciclos vitales distintos (p.e. cultivos invernales anuales como el trigo invernal, cultivos perennes como alfalfa, cultivos del estío anuales como el maíz o el algodón). Al mismo tiempo, y al igual que lo recomendado en monocultivo, recuerde que no debería emplear herbicidas con el mismo sitio de acción en toda la rotación contra la misma mala hierba a no ser que también estén incluidas en el sistema de control otras prácticas eficaces de control.

5. **Si cultiva** nuevas variedades de cultivos resistentes a herbicidas, esto no debería dar como resultado más de dos aplicaciones consecutivas de herbicidas con el mismo sitio de acción contra la misma mala hierba, a no ser que otras prácti-

cas de control eficaces estén también incluidas en el programa de control.

6. **Combine**, cuando sea factible, métodos de control mecánicos tales como gradas y escarificadores con tratamientos de herbicidas.

7. **Incluya**, en lugares donde el potencial de erosión del suelo sea mínimo, el laboreo tradicional como componente del programa de control de malas hierbas.

8. **Examine** los campos con regularidad e identifique a las malas hierbas presentes. Actúe rápidamente en el caso de cambios en las poblaciones de malas hierbas con el fin de restringir la extensión de las malas hierbas que podrían haber sido seleccionadas para la resistencia.

9. **Limpie** los equipos de laboreo y recogida antes de pasarlos desde los campos infestados de malas hierbas resistentes a los que no están infestados.

10. **Aliente** (en la medida de lo posible) a las compañías de ferrocarriles, empresas de servicio público, departamentos de carreteras y organismos similares que utilizan programas de control total de la vegetación que usen sistemas de control de la vegetación que no conlleven a la selección de malas hierbas resistentes a herbicidas. Las malas hierbas resistentes en zonas de control total de la vegetación se extienden con frecuencia a zonas cultivadas. Las industrias químicas, las agencias estatales y autonómicas y las organizaciones agrícolas podrían todos aportar su ayuda a este esfuerzo.



LIBROS

NOVEDAD EDITORIAL



LIBROS

NUEVA
ECONOMÍA
AGROALIMENTARIA

PEDRO CALDENTY ALBERT

NUEVA ECONOMÍA AGROALIMENTARIA

Pedro Caldentey

224 pp. 1998 - PVP: 2.500 pta

La economía agraria que podemos llamar tradicional nace en el siglo XIX y continúa en la primera mitad del siglo XX; en principio es una ciencia o disciplina independiente que se ocupa principalmente de los problemas de la explotación agraria y que, más que una rama de la teoría económica, debe ser considerada como una rama de la agronomía, pero a partir de cierto momento empieza a constituir una aplicación de esta última al sector agrario. A lo largo del tiempo la teoría neoclásica ha tenido críticas de cierta importancia habiendo sobrevivido a las mismas; se han ido modificando hipótesis pero los economistas neoclásicos siguen pensando en que el mercado conduce al óptimo, siendo frecuente que el interés por los métodos de análisis dominen sobre el interés por la esencia de los problemas.

A partir de los años setenta se inician unas nuevas teorías, que son conocidas con el término general de neoinstitucionalismo o nueva economía institucional, que intentan explicar mejor la realidad económica que la teoría económica neoclásica con sus planteamientos de carácter fundamentalmente estático y deductivo y que cuando la realidad no se adapta a ellos, habla de fallos del mercado, es decir de fallos de la realidad. Es de destacar por otra parte que estas nuevas teorías han hecho reconsiderar y tener de nuevo en cuenta algunas aportaciones de los autores de la economía agraria tradicional.

El libro responde a la intención de aplicar las nuevas teorías al sistema agroalimentario. Se trata de una primera aproximación dentro de una línea de estudio en la que el autor está trabajando.

En el capítulo 1 se analizan las limitaciones de la teoría económica neoclásica. En los capítulos 2 y 3 se hacen consideraciones generales sobre la economía agraria y sobre el sistema agroalimentario como información previa y necesaria para los capítulos siguientes. En los capítulos 4 y 5 se trata la teoría de la organización industrial y la nueva organización industrial, ya que se considera de interés conocer sus aportaciones. En los capítulos 6, 7 y 8 se exponen las nuevas teorías institucionalistas: costes de transacción, derechos de propiedad, agencia, evolucionismo, convenciones y regulación, intentando su aplicación al sistema agroalimentario. En el capítulo 9 se exponen los conceptos de filieres, distritos industriales y redes de empresas, conceptos íntimamente relacionados con las teorías anteriores y de importantes aplicaciones al sistema agroalimentario. En el capítulo 10, por último, se hace una aplicación de las teorías a un aspecto de gran importancia para el sistema agroalimentario cual es el de la coordinación vertical.

Agricultura

EDITORIAL AGRÍCOLA ESPAÑOLA, S.A.

Caballero de Gracia, 24, 3º izqda. - Teléfono: 91-521 16 33 - FAX: 91-522 48 72. Madrid-28013