

# I Curso sobre Uso de Herbicidas en la Agricultura Moderna

Métodos de control de malas hierbas efectivos y que no pongan en riesgo el medio ambiente y la salud

Estas exigencias implican la integración en la práctica habitual de la agricultura de múltiples disciplinas agronómicas, cuyos contenidos no se encuentran disponibles con facilidad para el profesional agrícola. Esta carencia de información actualizada (con importantes lagunas en el uso de herbicidas), así como la ausencia de canales que permitieran poner en contacto las necesidades de los agricultores, la experiencia de las compañías de agroquímicos y la investigación realizada por los sectores públicos, impulsaron al Centro Andaluz de Agricultura Sostenible de la Universidad de Córdoba, en colaboración con la Diputación de Córdoba, a organizar el "I Curso sobre el Uso de Herbicidas en la Agricultura Moderna" (14 a 16 de abril, Palacio de la Merced, Córdoba).

El modelo de agricultura moderna más ampliamente aceptado en la actualidad es el modelo de Agricultura Sostenible. Este implica una incorporación más completa de los procesos naturales en la producción agrícola, la reducción de insumos con mayor potencial de deterioro del ambiente o de la salud de los agricultores o consumidores, el mayor uso del potencial biológico y genético de las especies de plantas y animales, el sostenimiento a largo plazo de los niveles actuales de producción y la rentabilidad y eficiencia de los sistemas productivos mediante la mejora del manejo agrícola y la conservación del suelo, agua, energía y recursos biológicos (profesor L. López Bellido). En definitiva, el término "sostenible" adiciona al hasta ahora factor principal "productividad" una nueva dimensión temporal: la capacidad de un sistema agrícola de permanecer y durar indefinidamente. Evidentemente, un modelo sostenible de agricultura implica un modelo sostenible en el uso de herbicidas, o lo que es lo mismo: la capacidad de poder emplear métodos químicos en el control de malas hierbas sin que éstos pierdan efectividad y sin que se ponga en riesgo el medio ambiente y la salud de los agricultores y/o consumidores.

## La clave está en el conocimiento

A tenor de lo expuesto en las veinte lecciones impartidas a lo largo de las tres jornadas

*En la actualidad, el agricultor y el técnico agrícola se ven necesitados de unos conocimientos agronómicos cada vez más amplios, no porque haya variado de forma sustancial el número de cultivos disponibles o la forma en la que éstos se desarrollan, sino porque cada vez exigimos más de nuestros agroecosistemas: más producción, más calidad, más precocidad y, no por ello menos importante, mayor respeto por el medio ambiente.*

Julio Menéndez Calle. Secretario del Curso.  
Profesor. E.P.S. Universidad de Huelva.

del Curso, el control sostenible y económicamente rentable de las malas hierbas mediante herbicidas necesita del dominio (o al menos del conocimiento) de múltiples disciplinas que abarcan gran parte de las ciencias de la Agronomía. Este conocimiento podría articularse en cinco grandes capítulos que aquí se esbozan brevemente:



*Echinochloa hispidula* mala hierba del cultivo del arroz.

## 1. Conocimiento de la biología de las malas hierbas y evaluación del banco de semillas.

Los problemas de malas hierbas no son de tipo epidémico (como en el caso de las otras plagas), sino crónicos: están siempre persistentes en el campo. El origen del carácter crónico de estas infestaciones es la existencia de importantes "bancos de semillas" enterrados en el suelo. Las plantas que cada año infestan los cultivos no son más que la punta de un iceberg, representando de un 1 a un 10% de la población total. El resto permanece en el suelo, protegida de la actividad humana. Aunque destruyamos completamente todas las malas hierbas nacidas en un año, es muy probable que el siguiente nos tengamos que enfrentar a un problema de características parecidas.

En este sentido, no todas las malas hierbas son iguales. Las hay que tienen un banco de semillas muy persistente, mientras que en otras, dicho banco es muy efímero, por lo que habrá que tener en cuenta estas singularidades a la hora de plantearse el control de cada especie en particular. Por otra parte, el conocimiento del desarrollo fenológico de las malas hierbas es también importante de cara a su control. El periodo de nascencia de una determinada especie condiciona el momento de tratar con herbicidas y es, además, determinante en gran medida de la eficacia de éstos, mientras que otros aspectos, tales como la capacidad reproductiva o la introducción de nuevas especies, son también problemas a considerar a la hora de plantear nuevos tratamientos o rotaciones agrícolas (C. Fernández-Quintanilla).

## 2. Reconocimiento del problema en estadios tempranos.

Una vez planteado el problema de la presencia de malas hierbas en el cultivo, se hace imperativo el reconocimiento de la(s) especie(s) infestante(s). Este reconocimiento ha de hacerse en estadios precoces de desarrollo de la mala hierba, cuando el rango de opciones herbicidas disponibles es mayor y los tratamientos son más eficaces. Sin embargo, el gran problema es que en estos estadios las plantas no presentan flores o frutos reconocibles y, a menudo, los individuos a clasificar se reducen a dos cotiledones y/o hojas verdaderas.

ras. Es necesario entonces el uso de claves taxonómicas sencillas y precisas que permitan determinar fácilmente las especies de malas hierbas a que nos enfrentamos (J. Recasens y J. A. Conesa).

### 3. Conocimiento de las herramientas a emplear.

Hoy en día, las herramientas básicas en la lucha contra las malas hierbas son los herbicidas, por lo que un conocimiento profundo de sus distintas familias, las técnicas de aplicación adecuadas y las precauciones a tomar durante su aplicación es fundamental para diseñar estrategias de control.

De todos los criterios a la hora de clasificar los herbicidas (cultivos, efectos, tiempo de aplicación, etc.), los basados en el modo de acción y, particularmente, la clasificación desarrollada conjuntamente por la HRAC (Comité para la Prevención de Resistencia a Herbicidas) y la WSSA (Sociedad Norteamericana de Malherbología) son los que nos proporcionan más información sobre la interacción última entre herbicida y planta, y, consecuentemente, expresa el efecto fitotóxico del herbicida. También nos puede ayudar a escoger herbicidas de diferentes modos de acción y planificar rotaciones o mezclas para combatir la resistencia de las malas hierbas (J. González Gutiérrez y J. Gómez-Arnau).

Desde el punto de vista de la seguridad para las personas, existen dos colectivos cuyo riesgo ineludiblemente hay que evaluar: los manipuladores/aplicadores y los consumidores. En el primero, índices como la Toxicidad Aguda o el Nivel de Exposición Admisible para el Operario (NEAO) han de ser conocidos y valorados, así como las técnicas de protección existentes para minimizar los riesgos provenientes de un contacto continuado con herbicidas. Para una eficaz protección del colectivo de los consumidores, el agricultor y el técnico agrícola han de ser capaces de manejar parámetros tales como los Límites Máximos de Residuos (LMR) o la Ingesta Diaria Admisible (IDA), que nunca puede superarse (M. Roca).

El éxito de un tratamiento herbicida no sólo depende del empleo en el momento oportuno de productos de eficacia probada, sino también del uso de las máquinas apropiadas, bien reguladas y en buen estado de conservación. Así, es frecuente que se preste atención al herbicida, pero no a la máquina que va a realizar la aplicación. Este descuido puede implicar un aumento de los costes de tratamiento, además de correr el riesgo de sobredosis locales con consecuencias negativas para el cultivo y el medio ambiente. La tendencia actual en los tratamientos herbicidas conduce a



El éxito del tratamiento herbicida depende del estado de la máquina usada

reducir los volúmenes de caldo por hectárea y a una mayor precisión y exactitud, evitando la deriva y las pérdidas de producto. Estas condiciones exigen un control riguroso de la presión, del caudal del líquido y velocidad de trabajo que no todos los equipos de tratamiento son capaces de proporcionar (J. Gil Ribes).

### 4. Conocimiento de las interacciones herbicida-suelo y herbicida-planta.

La mayor parte de los herbicidas aplicados en el estado pre y/o post-emergencia de las plantas llegan forzosamente a la superficie del suelo, permaneciendo allí o (llevados por las precipitaciones, el riego o el propio cultivo) penetrando las capas más profundas del mismo. El destino del herbicida en el suelo (persistencia) se halla muy influido por los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan su disponibilidad para las plantas. La cantidad de herbicida que se pierde en el suelo tras la aplicación dependerá de factores tales como la propia naturaleza del herbicida, el método de aplicación, el tipo y humedad del suelo, las condiciones climáticas y la fotodegradación.

Por lo que se refiere a las pérdidas de herbicida por movimiento por flujo de agua, éste se produce como una escorrentía superficial o como una lixiviación hacia abajo. Esta última se verá influida por la textura del suelo, su pH, la fracción coloidal y por las características químicas de los herbicidas (fundamentalmente, adsorción y solubilidad en agua). Los procesos bióticos, como la absorción por los microorganismos la presencia de ciertos cultivos, otros productos agroquímicos, estiércol y fertilizantes pueden también modificar la actividad residual del herbicida en el suelo (B. Rubin).

El movimiento del herbicida en la planta dependerá en gran medida de su vía de entrada (radicular o foliar) y del sistema (floema o xilema) que emplee en su translocación. Los herbicidas que se muevan vía xilema lo harán, fundamentalmente, hacia las hojas más antiguas, y este movimiento dependerá del grado de

transpiración de la planta. Por el contrario, los herbicidas móviles en el floema tienden generalmente a acumularse en el tejido joven, yemas frutos y raíces (B. Rubin).

### 5. Conocimiento de las materias activas más adecuadas a cada cultivo.

Aún cuando parezca obvio, los agricultores y técnicos agrícolas deben conocer las distintas opciones de control químico existentes para cada cultivo o, por lo menos, las que más se adecuan a los sistemas agrícolas en los que suelen trabajar.

Dado lo extenso de los temas de uso de herbicidas en cereales (A. Ta-

berner), hortalizas (A. Monserrat) y cultivos leñosos (D. Gómez de Barreda) resulta imposible resumir aquí de una manera comprensible la cantidad de información aportada. Tan sólo citar algunas recomendaciones extensibles a estos tres sistemas agrícolas, tales como el uso exclusivo de los herbicidas autorizados para cada cultivo, el empleo cuidadoso del agua cuando controlamos mediante herbicidas malas hierbas en cultivos de regadío, y que las recomendaciones de los tratamientos herbicidas sobre una misma especie cultivada en distintas regiones pueden ser sensiblemente diferentes en función de la experiencia local que se tenga de los productos en esas condiciones de cultivo, así como de los aspectos económicos y sociales que rodean al mismo.

### Problemas derivados del uso de herbicidas

Los herbicidas han llegado a convertirse en la principal (y a veces la única) herramienta de todos los programas de lucha contra malas hierbas en las agriculturas avanzadas, debido a que son productos altamente eficaces y fiables, de fácil manejo, económicamente rentables y agrónomicamente flexibles.

Sin embargo, este uso masivo de los métodos químicos para el control de malas hierbas no está exento de ciertos riesgos agrónomicos, que pueden materializarse en la aparición de fenómenos de inversión de flora o de resistencia a herbicidas, que conllevan la pérdida de efectividad de los herbicidas empleados, o, lo que es lo mismo, la reducción en el número de materias activas disponibles para un cultivo y una zona geográfica determinada.

El uso exclusivo de métodos químicos de control o el cambio de un sistema de laboreo convencional por otro de conservación de suelos (muy dependiente de los herbicidas para el control de malas hierbas) puede producir una inversión de flora, es decir, un cambio significativo en las poblaciones de malas hierbas

que habitaban el agroecosistema. En estos casos, la flora arvense nativa es erradicada, ocupando el nicho ecológico libre otras especies que presentan una mayor tolerancia natural a los herbicidas empleados usualmente. En estos casos, una buena planificación en la rotación de herbicidas o el uso a nuestro favor de la cubierta vegetal establecida puede impedir la aparición de este problema (L. García Torres).

La resistencia a herbicidas, definida como la capacidad heredable de un biotipo de sobrevivir y reproducirse después del tratamiento de un herbicida a dosis normalmente letales para la misma especie susceptible, está generalmente asociada con una alta presión de selección impuesta por el uso repetido de altas dosis de materias activas en campos de monocultivo.

En la actualidad se encuentran catalogados en el mundo 216 biotipos de malas hierbas resistentes, la mayoría en EE.UU. y Europa, regiones con un largo historial de consumo de herbicidas. La detección en campo de resistencia a herbicidas no es siempre fácil, ya que, a veces, puede confundirse con un mal tratamiento o una inversión de flora. Básicamente, para sospechar la existencia de un fenómeno de resistencia a herbicidas han de cumplirse dos premisas: la presencia de individuos vivos (resistentes) y muertos (sensibles) en el campo tratado, y la ausencia de otros factores que pudieran justificar la falta de control del herbicida (suelo, clima, tratamiento o equipo defectuoso, etc.) (R. de Prado Amián y N. López Martínez).

Por lo que se refiere a los procesos biológicos responsables de la pérdida de efectividad de los herbicidas, existen al menos tres mecanismos de resistencia: la pérdida de la afinidad del herbicida por su sitio de acción, la reducción de la concentración del herbicida de su sitio de acción y la metabolización del herbicida a compuestos no tóxicos. El conocimiento de tales mecanismos de resistencia en un biotipo determinado es fundamental para el diseño de una estrategia efectiva de control. Asimismo, este conocimiento nos permitirá prever la posible respuesta de la población resistente al conjunto de métodos químicos/mecánicos/culturales seleccionados para su control, la efectividad a corto y largo plazo de los mismos y la posible aparición de nuevos problemas (J. Menéndez Calle). Igualmente, el estudio de la presión de selección, frecuencia inicial de genes de resistencia, modos de herencia, flujo de genes resistentes y adaptabilidad o fitness que presentan los biotipos resistentes nos proporcionarán estrategias viables a largo plazo que sean capaces de mantener a bajas frecuen-

cias los alelos que producen las resistencias (M. L. Salas).

## Lo que nos depara el futuro

El control de malas hierbas en los cultivos no parece tener una línea futura claramente definida, si bien no es probable que se vaya a prescindir del uso de los herbicidas en un futuro a corto-medio plazo. De las diferentes corrientes de investigación existentes en este tema, podríamos destacar tres: el control biológico de malas hierbas, los cultivos transgénicos y la agricultura de precisión.

El control biológico de malas hierbas podría definirse como el uso de organismos vivos para reducir o eliminar una población arvense de forma que no genere una disminución en la productividad de los cultivos. Intenta explotar el potencial que presentan diferentes seres vivos (especies vegetales, insectos y microorganismos, fundamentalmente) como enemigos naturales de determinadas malas hierbas. Aunque la investigación en este campo es en la

cultivo o de las malas hierbas. Sin embargo, el uso de variedades transgénicas conlleva ciertos riesgos, tales como la aparición en años posteriores de la especie resistente como mala hierba de otro cultivo, el flujo de genes de resistencia desde las variedades transgénicas hacia a especies arvenses emparentadas (con la consiguiente aparición de híbridos resistentes a herbicidas) y la aparición de biotipos resistentes de malas hierbas tras varios años de monocultivo de variedades transgénicas tratadas con los citados herbicidas totales (J. Gasquez).

Con la agricultura de precisión, basada en las herramientas GPS y GIS de posicionamiento vía satélite, se pueden crear fácilmente mapas de los suelos de los campos de cultivo basados en el tipo de suelo o el contenido de materia orgánica. Estos mapas pueden ayudar en la selección de la dosis de herbicida y, al mismo tiempo, reducir potencialmente la cantidad de materia activa que se emplearía para una aplicación uniforme a través de un campo. Por otra parte, el hacer un mapa de "rodales" de malas hierbas permite el control selectivo de malas hierbas perennes u otras especies arvenses. Así, el empleo de las herramientas de la agricultura de precisión posibilita cada vez más en el manejo de las malas hierbas con ubicación específica (P. Westra).

Si bien las tres estrategias de control (distintas, pero no excluyentes) arriba esbozadas pueden o no adaptarse a la realidad del campo español, existe una cuarta estrategia mucho más general que parece abrirse paso entre las demás. Esta opción es el concepto de "Control Integral de Malas Hierbas" (IWM), definida como «la mejor combinación de medidas culturales, biológicas y químicas utilizada por el agricultor para obtener el control de malas hierbas

en los cultivos con el menor coste, respetuoso con el medio ambiente y socialmente aceptable en una situación específica». Esta estrategia de control aboga por el conocimiento exhaustivo de todos los factores agrícolas relevantes, así como la consideración de otros parámetros importantes que ejercen una gran influencia en la selección de herramientas para el control de las malas hierbas (infraestructura de la explotación agrícola, características específicas de su ubicación, consideraciones económicas y sociales, etc.).

Una vez evaluados todos estos parámetros, la selección más racional de las opciones de control de las malas hierbas deberían tener en consideración la especie arvense, el modelo de rotación de cultivo, el sistema de laboreo, el impacto potencial en el medioambiente y la relación coste/ganancia. ■



El uso de herbicidas puede provocar la aparición de especies resistentes.

actualidad muy activa, con numerosos programas en fase de experimentación y desarrollo, aún estamos lejos de que el control biológico se convierta, con alguna excepción, en una práctica habitual (J. Jorrín Novo).

Las variedades transgénicas a las que se han transferido genes de resistencia a herbicidas no selectivos resultan muy útiles para el control de malas hierbas en los cultivos donde el control de éstas no está aún resuelto (especies difíciles de controlar, especies botánicamente próximas a la cultivada, biotipos resistentes a herbicidas, etc.).

En los países que han autorizado estos cultivos transgénicos, los agricultores valoran la seguridad que esta resistencia les ofrece, realizando únicamente tratamientos en post-emergencia y cuando están justificados, sin condiciones limitantes ligadas al estado del