Vista de ensayos de validación de IPMWise en maiz y soja.

Control de malas hierbas 4.0 ¿Cómo mejorar la toma de decisiones?

José María Montull

Investigador en la Universidad de Lleida (Grupo de Investigación en Ecología y Malherbología) y CEO de IPMAdvice. Lleida

Las "malas hierbas" han sido históricamente consideradas como un "ente" o un "todo en uno" sin llegar a identificar especies, a diferencia de plagas y enfermedades donde se identifica el agente causal. A lo sumo, se separaba entre malas hierbas de "hoja ancha" y malas hierbas de "hoja estrecha" y la elección de los ingredientes activos a utilizar se basaba principalmente en la fenología del cultivo. Además, la tendencia ha sido a utilizar la dosis máxima autorizada si no se preveían daños por fitotoxicidad. En ausencia de problemas de resistencia, esto aseguraba la eficacia, aunque la técnica y el momento de aplicación no fueran óptimos dado que las dosis máximas autorizadas aseguran el control de las malas hierbas indicadas en la etiqueta. En la actualidad, con limitaciones de dosis, ingredientes activos o limitaciones de uso a nivel plurianual, el control de las malas hierbas es cada vez más complejo. Además, teniendo en cuenta las directrices de gestión integrada de plagas y la agricultura de precisión, se debería aplicar a cada especie de mala hierba la dosis mínima necesaria para asegurar su control. Por esto, los asesores necesitan de nuevas herramientas, como el DSS IPMWise, que les permitan controlar las malas hierbas con la menor cantidad de ingrediente activo posible.

Las malas hierbas han sido, históricamente, uno de los mayores quebraderos de cabeza de los agricultores. Ya desde el inicio de la agricultura, el control de las malas hierbas desde la preparación del suelo para la siembra, se ha considerado una práctica más del cultivo. Por ejemplo, en el caso de las malas hierbas en el maíz, pueden causar pérdidas de rendimiento superiores al 15% y que pueden llegar hasta el 50% en caso de infestaciones importantes en densidad o en tiempo, es por esto que el control de las malas hierbas, sea mediante cultivadores o mediante herbicidas siempre ha sido una práctica indispensable en este cultivo.

A diferencia de plagas y enfermedades, que suelen estar ligadas al cultivo, las malas hierbas tienden a estar ligadas a la parcela y su manejo. Asimismo, las "malas hierbas" se han considerado en conjunto, sin distinguir entre especies. Con la aparición de los herbicidas selectivos, a lo sumo se separaba en dos grandes grupos: "malas hierbas de hoja ancha" y "malas hierbas de hoja estrecha", para separar entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, dado que los herbicidas hormonales, como el 2,4D, que fueron ampliamente utilizados tras su llegada al mercado, ofrecían buen control sobre muchas especies dicotiledóneas mientras que eran selectivos de gramíneas.

En la actualidad, el control de las malas hierbas debe enmarcarse en el marco de la Gestión Integrada. Para ello, y de acuerdo con el RD 1311/2012 sobre uso sostenible de los productos fitosanitarios, la gestión integrada de malas hierbas como *"el examen cuidadoso de todos los métodos de protección vegetal disponibles y posterior integración de medidas adecuadas para evitar el desarrollo de poblaciones de organismos nocivos y mantener el uso de productos fitosanitarios y otras formas de intervención en niveles que estén económica y ecológicamente justificados y que reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el medio ambiente"*, y es aquí donde las herramientas digitales o la agricultura de precisión, lo que se conoce ahora como Agricultura 4.0, pueden jugar un papel relevante.

La fertilización variable o de la aplicación localizada de herbicidas no selectivos está bastante desarrollada desde el punto de vista de la tecnología, aunque aún se está trabajando en su implementación agronómica en todos los ambientes.

Sin embargo, la aplicación de herbicidas selectivos y, sobre todo, su dosificación y selección óptima durante el cultivo es más compleja. Esto es así por varias razones:

- A nivel parcelario se presentan normalmente varias especies diferentes de malas hierbas, que pueden ser muy distintas entre sí desde el punto de vista fisiológico y tener respuestas totalmente diferentes al mismo ingrediente activo.

-Se desconoce la eficacia concreta de cada materia activa para cada especie de mala hierba y, por tanto, la dosis mínima necesaria por especie.

-La fenología de las malas hierbas afecta a la eficacia de los ingredientes activos.

-Existen ingredientes activos que son dependientes de la textura del suelo y su materia orgánica.

-Existen ingredientes activos dependientes de la temperatura. A modo de ejemplo, los herbicidas de la familia de las sulfonilureas son relativamente independientes de la temperatura, mientras que el herbicida cletodim, si se aplica a temperaturas inferiores a 5ºC, requiere de aproximadamente el doble de ingrediente activo que si se aplica a 25ºC para igualar la eficacia.

-Para conseguir un control óptimo de todas las especies se deben usar combinaciones de varias materias activas. Generalmente no se suele tener en cuenta la interacción y el efecto complementario entre ingredientes activos, lo que lleva en algunos casos a la sobredosificación para controlar determinadas especies de malas hierbas.

Por todo esto, se entiende que el primer paso para llegar a una optimización e incluso a la aplicación variable de herbicidas pasa por disponer de herramientas informáticas que nos faciliten la toma de decisiones en este ámbito para que, posteriormente, se puedan realizar mapas de tratamiento. Es en este contexto en el que se plantea el desarrollo e implementación de IPMWise en España.

¿Qué es IPMWise?

IPMWise se trata de una herramienta informática, desarrollada en colaboración entre la Universidad de Aarhus en Dinamarca y la Universidad de Lleida desde 2009. El desarrollo definitivo se realizó desde 2016 hasta 2019 en el marco del proyecto ERA-NET C-IPM *Design and customization of aninnovative-DecisionSupportSystem (DSS) forIntegratedWeed Management (IWM).*

El objetivo de IPMWise es facilitar la toma de decisiones a agricultores y técnicos para conseguir un control de malas hierbas más eficiente y sostenible a corto y largo plazo. Las herramientas incluidas en el sistema brindan opciones actualizadas para el control de malas hierbas y el conocimiento de los factores que afectan las necesidades de control y los factores que afectan la eficacia esperada de las medidas de control (herbicidas y control mecánico).

IPMwise puede ayudar tanto en la planificación de estrategias de control, antes de una nueva temporada de cultivo, en base a infestaciones previstas para una parcela como en las consideraciones tácticas durante la temporada, cuando realmente podemos evaluar la infestación de malas hierbas.

Así, el primer paso es generar las curvas dosis-respuesta en condiciones estándar para todos los ingredientes activos frente a las diferentes especies de malas hierbas. Estas curvas se generan en base a ensayos de campo y se intenta integrar toda la información posible para asegurar que se recoge la toda la variabilidad. Las eficacias predichas mediante el progra-

ma han sido validadas con ensayo de campo. De esta manera se ha podido comprobar la bondad de las estimaciones de la eficacia. Como ejemplo, en la Figura 1 puede verse una comparativa entre los datos de eficacia reales en campo y las predicciones de eficacia de un herbicida para maíz. Así, se observa claramente como el sistema predice eficacias que siempre están ligeramente por debajo de la eficacia real, de forma que en campo se esté del lado de la seguridad.

Además, en la Figura 2 podemos ver cómo el espectro de control entre ingredientes activos es muy diferente aunque ambos ingredientes activos se utilicen para el control de dicotiledóneas en cereales de invierno. Los dos dan buenas eficacias frente a la mayoría de especies. Sin embargo, tribenurón tiene mejor control de Papaver y de Umbeliferas y, sin embargo, florasulam controla mejor Rubiaceas y Compuestas. Estas diferencias explican por qué se suelen mezclar ingredientes activos para mejorar el espectro de control, aunque esto implique una sobre dosificación de ingrediente activo para las especies más susceptibles. Sin embargo, el uso de IPMWise nos permite conocer la dosis mínima necesaria para asegurar el control. Esta es una de las fortalezas de IPMWise, ya que permite conocer la dosis mínima necesaria para cada especie en concreto lo cual permite, en global, disminuir la cantidad de herbicidas aplicados.

Además, en sus algoritmos integra las correcciones relativas a la fenología de las malas hierbas, la temperatura, las condiciones de aplicación o el tipo de suelo, que ocasionan un desplazamiento de la curva dosis-respuesta estándar. La fenología de las malas hierbas es importante a la hora de elegir los ingredientes activos ya que cada uno de ellos tiene un óptimo determinado. Así, la pendimetalina o el s-metolacloro deberían ser aplicados en pre-emergencia de las malas hierbas, mientras que el diflufenican puede aplicarse desde la pre-emergencia hasta las cuatro hojas sin apreciable bajada en la eficacia. Otros, que no tienen actividad persistente en el suelo como el pinoxaden se deben aplicar cuando las malas hierbas objetivo están emergidas, pero teniendo en cuenta que, a mayor desarrollo, la eficacia del herbicida va a disminuir, de ahí que al sistema se le indique el estado fenológico de las malas hierbas en el momento de la aplicación.

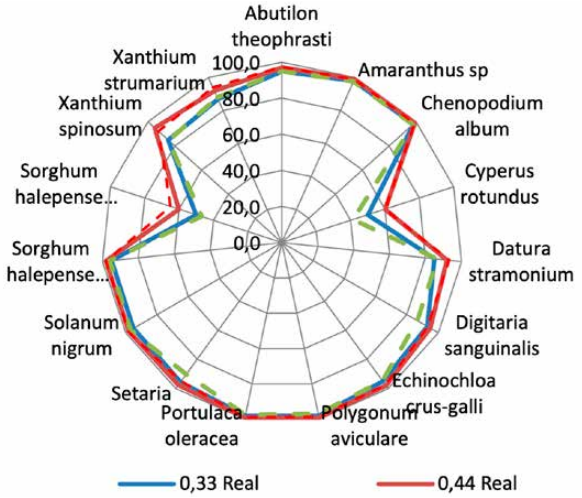

Figura 1. Comparativa entre eficacias reales obtenidas en campo y predichas por IPMWise para un herbicida concreto a dos dosis.

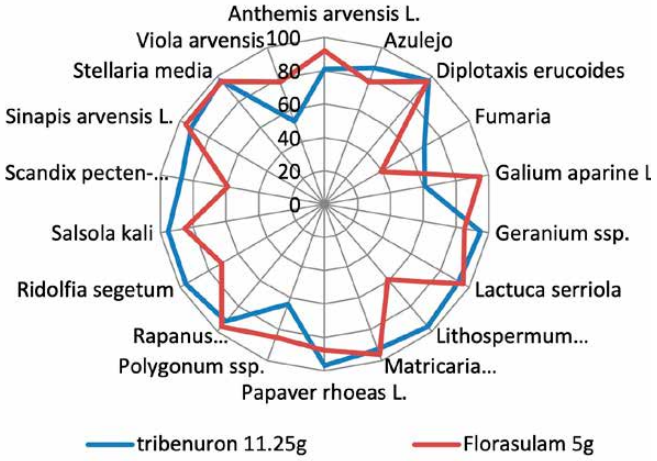

Figura 2. Eficacia esperada, en porcentaje para los herbicidas indicados en estadio 2-3 hojas de plantas dicotiledóneas.

¿Qué nos aporta IPMWise?

IPMWise está diseñado para hacer un uso más sostenible de los fitosanitarios porque optimiza las recomendaciones a las infestaciones realmente presentes en la parcela. Dependiendo del cultivo y las especies presentes, se reportan disminuciones de uso de herbicidas entre un 20% y un 50%.

Dispone de cuatro herramientas: Consulta, Perfil, Mezcla y Visión general. Por una parte, la herramienta Consulta nos indica todas las alternativas posibles para controlar una infestación de malas hierba concreta. Indicando el cultivo y su estado fenológico, el sistema limita los herbicidas disponibles según el Registro de Fitosanitarios del MAPAMA y luego, según las especies de malas hierbas presentes y las condiciones de tratamiento, calcula cuáles son las dosis mínimas necesarias para conseguir la eficacia deseada (Figura 3).

IPMWise facilita el trabajo de los asesores ya que lista todas las soluciones disponibles para controlar una infestación concreta ordenadas por coste o por índice de uso (RD1050/2022) (Figura 4).

Otra ventaja de la utilización del IPMWise es que predice la eficacia de cualquier producto o combinación de productos utilizando la herramienta Mezcla. En este caso, el usuario indica el producto o la combinación entre ellos que desea aplicar y el sistema indica la eficacia prevista para todas las

Figura 3. Pantalla de selección de la herramienta Consulta donde se indica el cultivo, su estado fenológico y las malas hierbas presentes en la parcela.

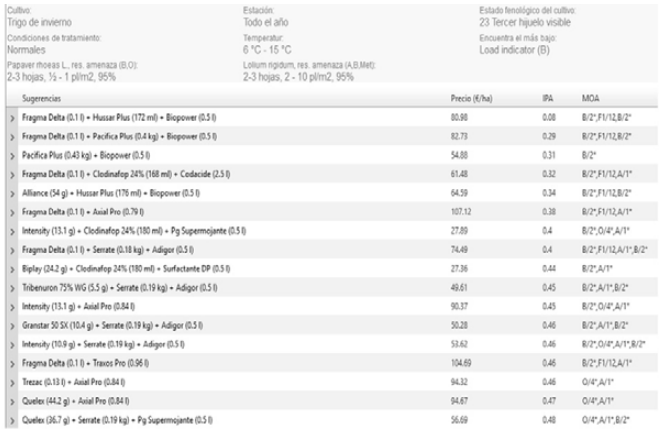

Figura 4. Resultados ofrecidos por la herramienta Consulta para una infestación de malas hierbas dada.

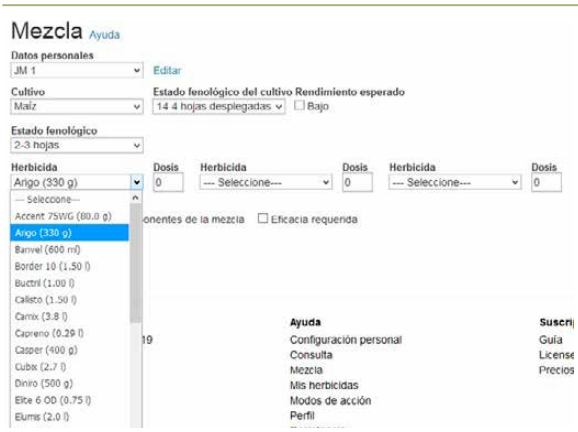

Figura 5. Pantalla de entrada de datos de la herramienta Mezcla de IPMWise. Aparecen en el listado varios de los herbicidas incluidos ordenados alfabéticamente.

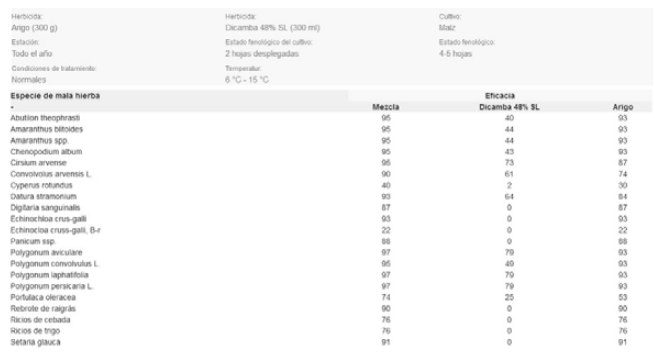

Figura 6. Ejemplo de resultados de la herramienta Mezcla para una combinación dada.

especies de malas hierbas de las que se disponen datos. Un ejemplo de esta herramienta puede verse en las Figuras 5 y 6, donde se muestra la entrada de datos y la salida del sistema.

En este caso, el sistema no deja seleccionar productos incompatibles o para los cuales su mezcla esté prohibida. Así, se evitan riesgos agronómicos y se garantiza el cumplimiento de la normativa vigente.

Con esto, IPMWise facilita el trabajo de los asesores, ya que pueden conocer la eficacia de cualquier mezcla y los cambios en la misma dependiendo de las condiciones de tratamiento, ampliando en gran medida la información que aparece en la etiqueta de los productos.

¿Cuál es el futuro del control de malas hierbas?

Está claro que las malas hierbas no están distribuidas de forma homogénea en las parcelas y que las diferentes especies de malas hierbas no están presentes en todas las parcelas de una misma explotación. Además, ya hemos comentado que el estado fenológico de las malas hierbas influye en la eficacia de los métodos de control. Por todo esto, podemos concluir que el futuro será variable, las nuevas herramientas de visión e inteligencia artificial que se muestran en este mismo evento nos permitirán realizar mapas de infestación de malas hierbas, identificando su especie. En base a estos mapas, IPMWise nos permitirá elegir la combinación herbicida óptima para cada punto concreto de la parcela y, finalmente, un pulverizador capaz de dosificar de forma variable aplicará la combinación calculada por IPMWise en nuestros campos.

A modo de resumen, destacar que, a día de hoy, con IPMWise los técnicos ya disponen de herramientas contrastadas que les facilitan la toma de decisiones y, además, son fácilmente integrables con el objetivo de generar sistemas de asesoramiento y gestión de la información que abarquen todo el proceso de toma de decisiones a corto y largo plazo.