

# El manejo de la avena loca mediante técnicas de agricultura de precisión

Es posible reducir hasta en un 70% el consumo de herbicidas ajustándose al nivel de infestación

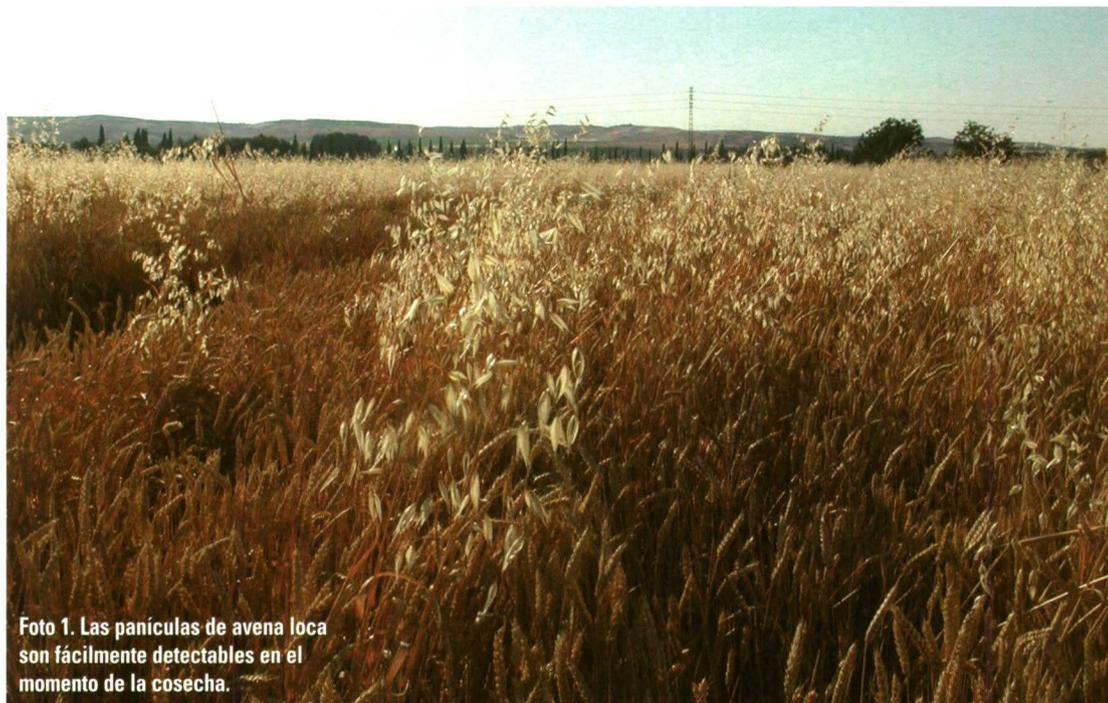


Foto 1. Las panículas de avena loca son fácilmente detectables en el momento de la cosecha.

En España se puede estimar que las pérdidas de cosecha potenciales causadas por infestaciones de avena loca oscilan entre 100 y 400 kg/ha de grano. El relativamente alto coste de los herbicidas hace que el uso de estos tratamientos sea bastante limitado, siendo una alternativa los tratamientos diferenciados encuadrados dentro de lo que se conoce como agricultura de precisión.

**C. Fernández-Quintanilla, D. Ruiz, J. Barroso, C. Escribano y A. Ribeiro.**  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

La avena loca (*Avena sterilis*) es, sin lugar a dudas, el peor problema de malas hierbas en los cultivos cerealistas españoles. A pesar de las cuantiosas pérdidas que ocasiona en estos cultivos y de que existen diversos productos herbicidas capaces de controlarla eficazmente, el uso de estos tratamientos es bastante limitado debido, fundamentalmente, a su coste relativamente alto. Considerando que los rendimientos potenciales del cereal en muchas zonas de España se encuentran entre 1.500 y 3.000 kg/ha, se puede estimar que las pérdidas potenciales causadas por las infestaciones de avena loca oscilarían entre los 100 y los 400 kg/ha. El valor de es-

tas pérdidas es, frecuentemente, inferior al coste del tratamiento herbicida.

Una observación somera de los campos de cereal infestados por esta especie nos señala que el grado de infestación es muy variable en las diferentes zonas del campo. Es decir, mientras que en algunos rodales la densidad de avena loca puede ser muy elevada, otras zonas se mantienen prácticamente libres de esta infestante. Esta variabilidad es la materia prima indispensable para la agricultura de precisión.

## La detección del problema

La avena loca tiene una calidad que la hace especialmente adecuada para el empleo de técnicas de agricultura de precisión. En el momento de la cosecha del cereal, las panículas de avena sobresalen claramente por encima del cultivo, adquiriendo un color blanquecino que contrasta fuertemente con el color de las espigas de cebada o trigo (foto 1). Basándonos en este principio, en el año 1999 empezamos a realizar trabajos tratando de elaborar mapas de infestación con la ayuda de un receptor GPS de gran precisión y un ordenador portátil especialmente adaptado a las condiciones de iluminación que se dan en exteriores. Se utilizaron programas informáticos específicamente desarrollados por miembros de nuestro equipo para la adquisición de este tipo de datos georreferenciados. Los resultados obtenidos fueron prometedores, mostrando las enormes variaciones existentes dentro de un campo.

Inicialmente, el sistema utilizado consistía en un evaluador que recorría el campo a pie poco antes de la cosecha, llevando un equipo constituido por el portátil de exteriores y el receptor GPS de mochila (foto 2). Con este sistema se pueden evaluar, en un tiempo razonable, campos de pequeñas dimensiones (de 1 a 3 ha). Pero la evaluación de campos más grandes es impracticable utilizando este procedimiento.

Sin embargo, el salto de escala es bastante sencillo de realizar si se dispone de una cosechadora equipada con un monitor de rendimiento. El panel de control de dichas máquinas permite introducir observaciones realizadas durante la operación de cose-



Foto 2. Detección de rodales a pie utilizando un equipo GPS.

cha. Con la ayuda de esta opción fue posible llevar a cabo la evaluación de la infestación presente de acuerdo a una escala de cuatro valores: 0 cuando la zona estaba libre de avena loca, 1 cuando la infestación era ligera (menos de 1 panícula/m<sup>2</sup>), 2 cuando la infestación era moderada (de 1 a 10 panículas/m<sup>2</sup>) y 3 cuando la infestación era severa (más de 10 panículas/m<sup>2</sup>).

### La evaluación de campos

Partiendo de este principio tan sencillo, en los años siguientes se evaluaron las infestaciones de avena loca presentes en 31 campos de cereales distribuidos por cuatro provincias: Albacete, Valladolid, Lérida y Tarragona. Los campos habían sido seleccionados por los operadores de las cosechadoras porque habían presentado problemas de avena loca en años precedentes. El tamaño de los campos individuales oscilaba entre 0,7 y 28 ha, con un total de 245 ha evaluadas. Las cosechadoras utilizadas fueron una Massey Ferguson 7272 y una Claas 218 (foto 3).

Los mapas de infestación así obtenidos nos mostraron una serie de hechos muy interesantes. El primero de ellos fue que, considerando los campos globalmente, los niveles de infestación fueron bastante más bajos de lo que se pensaba. En 24 de los 31 campos estudiados los niveles medios de infestación eran inferiores a 0,1 panículas/m<sup>2</sup> y en sólo uno de los campos la infestación media estaba próxima a las 5 panículas/m<sup>2</sup>. Este hecho se puede explicar observando las proporciones de los campos infestados con diferentes niveles de avena loca. Aunque a primera vista la mayoría presentaba problemas con esta infestante, sólo una reducida proporción de la superficie de dichos campos mostraba densidades realmente elevadas (figura 1).

Otro hecho interesante fue la localización de los rodales. Aparentemente, las mayores infestaciones se concentran en las zonas bajas de los campos y en los perfiles cóncavos. En pendientes y en perfiles convexos, la orientación norte fue la que presentó mayores problemas de infestación. Esta información es muy útil de cara a orientar la realización de muestreos o, incluso, a realizar tratamientos a ciegas.

Un último hecho que puede tener una especial relevancia de cara a la agricultura de precisión es

que la mayoría de la infestación se concentra en un pequeño número de rodales de gran tamaño. Aunque puede existir una multitud de rodales de pequeña dimensión, estos sólo suponen un porcentaje muy bajo de la infestación total. Esta distribución hace posible que, centrándonos sólo en los rodales más grandes (más fáciles de detectar y tratar), podamos controlar la mayoría de la población.

### La definición de las zonas a tratar

El comentario previo nos lleva directamente a un tema muy importante: no todas las zonas donde se ha detectado la presencia de avena loca deben ser tratadas con herbicidas. Por un lado, habrá que tratar sólo aquellas zonas en las que la densidad de avena loca supere un cierto umbral de nocividad. Estudios previos realizados en la zona centro de España indican que con densidades inferiores a 10 plantas/m<sup>2</sup> las pérdidas económicas causadas por la competencia de esta especie son inferiores al coste del tratamiento.

Por otro lado, no debemos olvidar que estamos estableciendo mapas de infestación en base a las panículas presentes en la cosecha, y lo que realmente nos interesa establecer es el mapa de plántulas que previsiblemente habrá al año siguiente. Estudios a largo plazo llevados a cabo con la avena loca indican que la posi-

FIGURA 1. Evaluación de campos de cereales infestados. Porcentaje de la superficie total con diferentes niveles de infestación de avena loca.

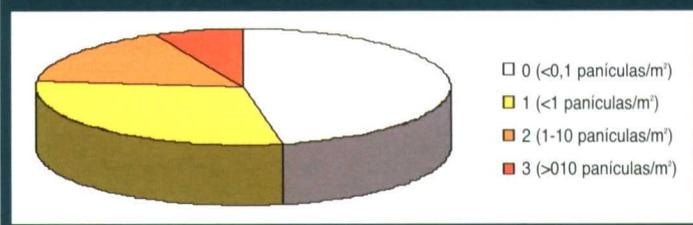


Foto 3. Detección de rodales desde una cosechadora equipada con monitor de rendimientos.

## MALAS HIERBAS

ción de los rodales es bastante estable (no se desplazan significativamente de un año a otro) pero que la densidad de la población puede llegar a multiplicarse por diez en los casos más desfavorables. Es decir, que si en el momento de la cosecha hemos detectado en una zona 1 panícula/m<sup>2</sup>, es posible que a la salida del invierno siguiente lleguemos a tener una densidad de 10 plantas/m<sup>2</sup>.

Por último, hay que tener en cuenta que el pulverizador utilizado introduce una serie de limitaciones a la hora de planificar el mapa de tratamientos. Si el ancho de la barra es de 12 m y no es posible controlar secciones independientes de la misma, las zonas de tratamiento deberán tener una anchura mínima de 12 m. Por otro lado, el tiempo necesario para alcanzar la estabilidad adecuada del pulverizador (presión, caudal y tamaño de gota) al abrir y cerrar las boquillas limita las longitudes de tratamiento. Es por todo ello por lo que, a no ser que se disponga de equipos de pulverización especiales, no se podrán tratar rodales de un tamaño inferior a una cierta medida (para el ejemplo anterior, 12 x 24 m).

Considerando todos los factores anteriormente expuestos, es posible planificar el mapa de los tratamientos herbicidas a realizar. En el caso concreto de la avena loca, y dado que la posición de los rodales se mantiene estable en el tiempo, es posible (y deseable) planificar un programa de tratamientos a dos o tres años vista. Ello permite realizar el proceso de evaluación cada dos o tres años (con los consiguientes ahorros económicos) y permite abordar estrategias de reducción sistemática de las poblaciones de esta mala hierba.

## ► La realización de los tratamientos diferenciados

Para realizar adecuadamente los tratamientos diferenciados con herbicidas, se requiere que el equipo de pulverización integre los siguientes elementos:

- 1) Un equipo DGPS.
- 2) Un equipo monitor basado en la información suministrada por el mapa de tratamientos o, en tiempo real, por algún tipo de sensor.
- 3) Un controlador de dosis, si además se dispone de un sistema de gestión de tramos de la barra, la aplicación se podrá optimizar más espacialmente.

Este tipo de equipos ya se puede encontrar de forma comercial en varios países, y existe también la posibilidad de incorporar estas tecnologías a muchos de los pulverizadores que hay en el mercado. De hecho, nuestro equipo investigador se encuentra actualmente inmerso en el desarrollo de un sistema integrado con las características anteriormente enumeradas.

Con objeto de evaluar la eficacia y rentabilidad de los tratamientos diferenciados, y dado que no disponíamos de un pulverizador dotado con esa tecnología, tuvimos que recurrir a diversas estrategias indirectas de valoración. Así, por un lado, se llevaron a cabo estudios de campo en los que se realizó un tratamiento uniforme sobre toda la superficie, dejando sin tratar (cubriéndolas con una lámina de plástico) diversas fajas de terreno localizadas en zonas del campo con diferentes densidades de infestación (**foto 4**). De esta forma, se estimaron las pérdidas de rendimiento obtenidas en cada zona del campo en ausencia de herbicida. Conociendo la distribución espacial de la avena loca en el campo, se simuló los costes y los beneficios deri-



Foto 4. Tratamiento herbicida sobre toda la superficie, cubriendo con plástico ciertas zonas como testigos.

vados de utilizar dos tipos de tratamientos:

- a) Sobre toda la superficie
- b) Sólo sobre los rodales con densidades superiores a 10 plantas/m<sup>2</sup>.

Los resultados de dichas simulaciones nos indicaron que era posible reducir el uso de herbicidas hasta un 70% sin que se vieran afectados los rendimientos del cultivo.

Resultados similares se han obtenido a partir de los datos provenientes de los 31 campos comerciales evaluados en diferentes zonas cerealistas de España. Los resultados obtenidos mostraron que los tratamientos diferenciados ofrecían la posibilidad de reducir sustancialmente el consumo de herbicidas: entre un 61 y un 74% cuando la dosis de aplicación se ajustaba al nivel de infestación. Sin embargo, y aunque la rentabilidad de estos tratamientos era siempre superior a la de los tratamientos convencionales, el alto coste de los herbicidas y de las tecnologías requeridas hacía que dichos tratamientos sólo fueran rentables en campos con niveles de rendimiento relativamente altos (> 3.000 kg/ha).

En este sentido, hay que hacer notar que el desarrollo en curso de nuevos sistemas de detección automática de malas hierbas y de equipos de pulverización de precisión, y la consiguiente reducción en los costes de estas operaciones, hacen prever que este tipo de aplicaciones de la agricultura de precisión puede tener un futuro bastante brillante. Por otro lado, también hay que señalar que para poder utilizar estos conceptos, no es imprescindible disponer de un DGPS submétrico y un monitor de rendimiento. Existen otras opciones de menor complejidad tecnológica. Como, por ejemplo, utilizar una simple PDA con GPS integrado y un mapa de infestación montado a bordo del tractor. De esta forma, al llegar a una zona a tratar, se puede activar manualmente la barra (toda o por tramos). Asimismo, si el agricultor conoce bien las zonas de su campo, donde año tras año hay rodales de avena loca, puede tratar diferencialmente esas zonas sin necesidad de GPS, PDA, ni ayuda de la tecnología. ■

### Agradecimientos

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a Xavier Tous, de la empresa Agroprecisión, por su valiosa colaboración en la ejecución de los estudios de evaluación de campos comerciales desde la cosechadora.