

### **3 C2 - ELABORACIÓN DE MAPAS DE RODALES DE *SORGHUM HALEPENSE* DURANTE LA COSECHA DEL MAÍZ**

D. Andújar<sup>1</sup>, A. Ribeiro<sup>2</sup>, C. Fernández-Quintanilla<sup>1</sup>, J. Dorado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Serrano 115 B, 28006 Madrid

E-mail: andujar@ccma.csic.es

<sup>2</sup> Instituto de Automática Industrial, CSIC, 28500 Arganda del Rey, Madrid

**Resumen:** El manejo de las malas hierbas en agricultura de precisión requiere la obtención rápida y económica de mapas de infestación. En este estudio se evaluó la fiabilidad de los mapas de *Sorghum halepense* generados al final del ciclo del maíz, comparando la posición de los rodales en dichos mapas con la posición observada al inicio del ciclo en la primavera siguiente. Para ello, se elaboraron mapas de *S. halepense* durante la recolección del maíz en 2005, 2006 y 2007, y en la primavera de campañas sucesivas (e.g., 2006, 2007 y 2008) en una parcela de 2,4 ha en Arganda del Rey (Madrid). El muestreo de otoño se llevó a cabo en el momento de la cosecha mediante estimación visual desde la cosechadora, recogiendo información georeferenciada de los rodales con un equipo compuesto por DGPS y Tablet PC. El muestreo de primavera se realizó en el estado de 4 hojas del maíz, recorriendo totalmente la parcela en transeptos regulares de 9 m de ancho, detectando y posicionando el perímetro de los rodales con el equipo anterior. Los archivos de datos de ambos muestreos fueron procesados en ArcInfo (ESRI). Los resultados mostraron una alta correlación entre los mapas obtenidos en ambos muestreos. Por tanto, la elaboración de mapas desde la cosechadora se revela como un método preciso y barato de ubicar los rodales de *S. halepense*, facilitando el tratamiento diferenciado de dichos rodales en la siguiente campaña.

**Palabras clave:** agricultura de precisión, dinámica espacial.

## **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas, el manejo de las malas hierbas se ha basado principalmente en aplicaciones herbicidas que, aunque resultan eficaces, ocasionan ciertos problemas secundarios como la aparición de resistencias (HEAP, 1997). Si a esto se añade una conciencia social hacia la reducción de residuos en alimentos y agua (KROPFF y WALTER, 2000; GERHARDS y CHRISTENSEN, 2003), cabe esperar un cambio en el manejo de las malas hierbas en los próximos años. En este sentido, el control diferenciado supone un intento de disminuir la cantidad de herbicidas considerando la variabilidad espacio-temporal de las poblaciones de malas hierbas, las cuales se distribuyen heterogéneamente dentro de los campos formando a menudo agregados de diferentes formas, tamaños y densidades (CARDINA *et al.*, 1997). La aplicación de herbicidas únicamente en estos rodales implica reducir el uso de herbicidas de forma significativa (BARROSO *et al.*, 2004). Si además se hace basándose en umbrales de riesgo (HEISEL *et al.*, 1997), o se adaptan las dosis y las materias activas a las especies y densidades presentes (FAECHNER *et al.*, 2002), el ahorro en el uso de herbicidas supondría hasta un 50% en un plazo de 4 a 6 años (TIMMERMANN *et al.*, 2003).

Con el propósito de elaborar mapas de infestación de malas hierbas que sirvan de base a los tratamientos diferenciados, se están evaluando diversos métodos, como el uso de sensores

aeroportados, imágenes de satélite, sistemas de detección con videocámaras, etc. Dado que estas técnicas no están suficientemente desarrolladas, en este trabajo se pretende aproximar una solución al problema mediante la elaboración de mapas de infestación en el momento de cosecha (RUIZ *et al.*, 2006). El objetivo de este estudio consistió en analizar la utilidad de mapas de malas hierbas obtenidos durante la cosecha de maíz como base de los tratamientos de control realizados en años sucesivos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la finca experimental “La Poveda”, en Arganda del Rey (Madrid), durante el periodo 2005 a 2008. El campo de estudio, de 2,4 ha de tamaño, se cultivó de maíz (*Zea mays* L. cv Tector 700) desde el año 2000. Hasta el año 2007, el control de malas hierbas consistió en un tratamiento de preemergencia con atrazina (0.96 kg materia activa ha<sup>-1</sup>) y S-metolacoloro (0.96 kg materia activa ha<sup>-1</sup>). A partir de este año, el tratamiento de preemergencia consistió en isosaflutol (0.135 kg materia activa ha<sup>-1</sup>).

Se realizaron dos tipos de muestreo en función de la fecha: en estadios tempranos (mayo) y en la madurez del cultivo (octubre). Los muestreos en fase de cosecha se realizaron desde la cabina de la cosechadora en los años 2005, 2006 y 2007, registrando la posición de los puntos con presencia de *Sorghum halepense* utilizando un equipo compuesto por DGPS y Tablet PC. En cada uno de los años, se construyeron mapas binarios con información sobre ausencia/presencia de mala hierba, asignando valores 0 a los puntos libres de infestación, y 1 cuando se observaban plantas de *S. halepense*. Los datos en cada punto representaban el valor correspondiente al ancho de trabajo de la cosechadora (4,5 m). El tratamiento de los datos se realizó con el programa ArcInfo (ESRI), aplicando como método de interpolación el kriging indicador debido a su naturaleza binaria.

El muestreo de primavera (años 2006, 2007 y 2008) se basó en el posicionamiento de rodales de *S. halepense* dentro del campo de cultivo, recorriendo transeptos regulares con un ancho de barrido de 12 filas de cultivo (9 m), detectando y posicionando el perímetro de los rodales con el equipo integrado por DGPS y Tablet PC. Los muestreos se realizaron con el maíz en estado de 4 hojas, cuando la visibilidad de los rodales era máxima. Con ayuda del programa ArcInfo (ESRI), se transformaron los perímetros a polígonos y se extrajeron matrices de datos con información de presencia o ausencia de la mala hierba superponiendo una malla de 10 m y registrando el valor en cada uno de los nodos de la malla.

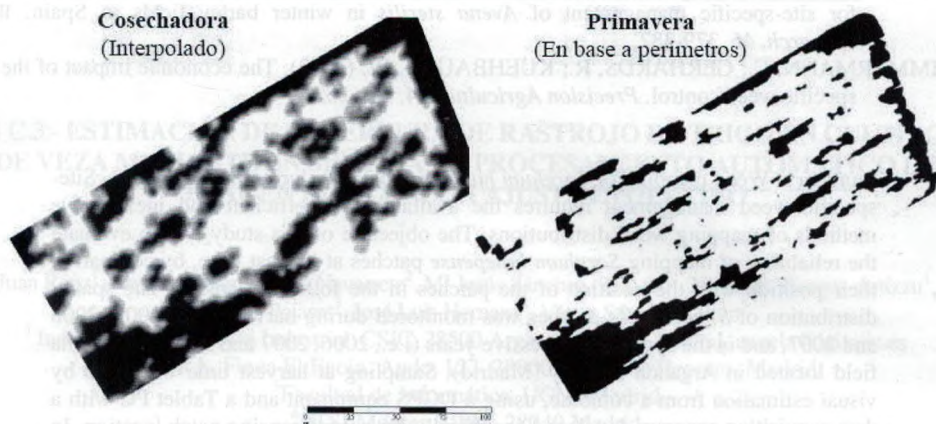
La validación de los mapas obtenidos en el momento de la cosecha se llevó a cabo comparando los valores, en cada coordenada, del mapa interpolado obtenido durante la cosecha y los valores de la malla regular obtenidos en la primavera del siguiente año. Debido a la naturaleza probabilística de la interpolación geoestadística utilizada, la información de cada punto se transformó a valores 0 cuando la probabilidad era inferior a 0,46; 1 cuando la probabilidad era superior a 0,54; y 0.5 en el intervalo intermedio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran una elevada correlación entre los mapas de *S. halepense* obtenidos en el momento de la cosecha del maíz y los obtenidos en la primavera consecutiva, con una elevada tasa de predicción (Figura 1).

La validación verdad-terreno de los mapas de cosecha con los de la primavera siguiente mostró un porcentaje medio de aciertos próximo al 80%. Los errores entre mapas coinciden con zonas complicadas de predecir, y se atribuyeron al crecimiento natural de los rodales entre un año y el siguiente así como a la desaparición de algunos de ellos, causados en ambos casos fundamentalmente por las labores del terreno.

Cuando se compararon los mapas de primavera con los mapas de cosecha del mismo año agrícola, los resultados indicaron un aumento en el porcentaje de aciertos hasta llegar al 85%, lo que desde un punto de vista predictivo no tenía mucha importancia pero que, sin embargo, venía a confirmar la alta calidad de los mapas obtenidos desde la cosechadora.



**Figura 1.** a) Mapa de *S. halepense* durante la cosecha de 2007 obtenido con kriging indicador. b) Mapa de rodales de *S. halepense* elaborado durante la primavera de 2008

### CONCLUSIONES

La elaboración de mapas de *S. halepense* desde la cabina de la cosechadora se presenta como una herramienta útil y fácil de manejar, obteniéndose información precisa sobre la posición de los rodales que puede ser empleada en los tratamientos de la siguiente campaña. El tratamiento diferenciado sobre zonas con presencia de mala hierba permite disminuir los gastos del control herbicida y reducir los riesgos de estos productos sobre el medio ambiente.

### BIBLIOGRAFÍA

- BARROSO, J.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C.; MAXWELL, B.D.; REW, L.J. (2004). Simulating the effects of weed spatial pattern and resolution of mapping and spraying on economics of site-specific management. *Weed Research*, 44, 460-468.
- CARDINA, J.; JOHNSON, G.A.; SPARROW, D.H. (1997). The nature and consequence of weed spatial distribution. *Weed Science*, 45, 364-373.
- FAECHNER, T.; NORRENA, K.; THOMAS, A.G.; DEUTSCH, C.V. (2002). A risk-qualified approach to calculate locally varying herbicide application rates. *Weed Research*, 42, 476-485.
- GERHARDS, R.; CHRISTENSEN, S. (2003). Real-time weed detection, decision making and patch spraying in maize, sugarbeet, winter wheat and winter barley. *Weed Research*, 43, 385-392.
- HEAP, I.M. (1997). The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. *Pesticide Science*, 51, 235-243.
- HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S.; WALTER, A.M. (1997). Validation of weed patch spraying in spring barley: preliminary trial. En: *Proceedings 1<sup>st</sup> European Conference on Precision Agriculture*. Editor J.V. Stafford. Warwick, UK, 879-886.
- KROPFF, M.J.; WALTER, H. (2000). EWRS and the challenges for weed research at the start of a new millennium. *Weed Research*, 40, 7-10.

- RUIZ, D.; ESCRIBANO, C.; FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. (2006). Assessing the opportunity for site-specific management of *Avena sterilis* in winter barley fields in Spain. *Weed Research*, 46, 379-387.
- TIMMERMANN, C.; GERHARDS, R.; KUEHBAUCH, W. (2003). The economic impact of the site specific weed control. *Precision Agriculture*, 4, 241-252.

Summary: Weed mapping of *Sorghum halepense* patches during maize harvest. Site-specific weed management requires the availability of efficient and inexpensive methods of mapping weed distributions. The objective of this study was to evaluate the reliability of mapping *Sorghum halepense* patches at harvest time, by comparing their position with the position of the patches in the following spring. The spatial distribution of *S. halepense* patches was monitored during harvesting in 2005, 2006 and 2007, and in the spring of successive years (i.e., 2006, 2007 and 2008) in a 2.4 ha field located in Arganda del Rey (Madrid). Sampling at harvest time was done by visual estimation from a combine, using a DGPS equipment and a Tablet PC with a data acquisition program developed specifically for georeferencing patch location. In the springtime, patches of *S. halepense* were located visually at the four leaf stage of maize by walking along parallel transects every 9 m, detecting and positioning the perimeter of patches with the above-indicated equipment but with a different data acquisition program. The data files of both samplings were process in ArcInfo (ESRI). No significant differences between the maps obtained in both sampling times were found. Therefore, characterizing the location of *S. halepense* patches from the combine appears to be a precise and cheap method for the construction of weed management maps to be used in the following season.

Key words: precision agriculture, spatial population dynamics.