

### **3 C.7 - CARACTERIZACIÓN ESPECTRAL DE TRIGO Y CENTAUREAS (*CENTAUREA DILUTA* Y *C. MELITENSIS*) EN FASE TARDÍA APLICANDO ANÁLISIS DISCRIMINANTE Y REDES NEURONALES**

M.T. Gómez-Casero, M. Jurado-Expósito, F. López-Granados.  
Instituto de Agricultura Sostenible-CSIC. Apdo. 4084, 14080-Córdoba, España,  
[maite.gcasero@ias.csic.es](mailto:maite.gcasero@ias.csic.es)

**Resumen:** El principal objetivo de este trabajo fue la clasificación espectral del cultivo del trigo y de las malas hierbas *Centaurea diluta* Aiton y *C. melitensis* L. en fase tardía. Los días 6 y 10 / Junio/08 se tomaron las firmas espectrales de trigo y ambas malas hierbas en parcelas de trigo en La Lantejuela (Sevilla) y Santa Cruz (Córdoba) respectivamente. Como paso previo a la obtención de mapas de ambas malas hierbas utilizando teledetección, los datos de reflectividad de las firmas espectrales se analizaron simulando las longitudes de onda del satélite QuickBird. Dicho análisis consistió en Análisis Discriminante y dos modelos de Redes Neuronales: Perceptrón Multicapa y Función de Base Radial. El análisis discriminante y las redes neuronales mostraron un 100% de correcta clasificación, indicando que existen diferencias espectrales significativas entre trigo y ambas centaureas. Los resultados obtenidos muestran la excelente potencialidad para discriminar rodales de *C. diluta* y *C. melitensis* en fase tardía en trigo con imágenes de QuickBird por su alta resolución espacial.

**Palabras clave:** malas hierbas, agricultura de precisión, teledetección, multispectral.

## **INTRODUCCIÓN**

La agricultura de precisión permite la aplicación dirigida y diferencial de herbicidas sólo en los rodales infestados de malas hierbas, práctica deseable por razones económicas y medioambientales (JURADO-EXPÓSITO *et al.* 2003). La detección y el mapeo de malas hierbas en fase tardía mediante teledetección ha resultado muy útil para efectuar un tratamiento herbicida en post-emergencia y diseñar estrategias de control en los años siguientes ya que los rodales de malas hierbas tienden a ser estables y persistentes en el espacio y en el tiempo (LÓPEZ-GRANADOS *et al.*, 2006; PEÑA-BARRAGÁN *et al.*, 2007). El manejo de imágenes del satélite QuickBird (resolución espacial 64 cm en pancromático y 2,4 cm en multispectral), ofrece la posibilidad de obtener mapas de rodales de malas hierbas a escala comarcal. Tanto las malas hierbas como el cultivo tienen una *firma espectral* característica y, para elaborar mapas de malas hierbas mediante teledetección, es necesario que entre dichas firmas existan diferencias espectrales que discriminen las especies infestantes del cultivo. La caracterización espectral supondría un paso previo a los estudios de análisis de imágenes de satélite. En prospecciones de campo llevadas a cabo por nuestro grupo durante 2007 y 2008 hemos constatado el aumento de las infestaciones de centaureas (*C. diluta* y *C. melitensis*), en amplias zonas de las campiñas de Sevilla y Córdoba, así como en campos de cereales de Castilla-León. Estas malas hierbas son controladas por los herbicidas que se usan habitualmente en cereales en post-emergencia (SAAVEDRA, 1997). Por ello, si se cartografían las infestaciones de centaureas en fase fenológica avanzada se pueden generar mapas de tratamientos herbicidas en post-emergencia del cereal. Por tanto, el objetivo de este trabajo ha sido la clasificación espectral entre el trigo y *C. diluta* y *C. melitensis* en fase tardía del cultivo del trigo, y

analizar la posibilidad de utilizar estos resultados en el mapeo de rodales de las citadas malas hierbas en trigo y su aplicación en agricultura de precisión.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo los días 6 y 10 de junio de 2008 en La Lantejuela (Sevilla) y Santa Cruz (Córdoba), respectivamente, en sendos campos de trigo con infestaciones naturales de *C. melitensis* y *C. diluta*. Se tomaron 80 medidas espectrales de cada especie de malas hierbas y del cultivo del trigo con el espectrorradiómetro de campo ASD Handheld FieldSpec (dominio 325-1075 nm; el rango espectral se redujo de 400 a 900 nm para evitar las distorsiones de los extremos), que mide la reflectividad de la muestra respecto a la medida de un panel blanco de referencia (Spectralon), calibrando cada vez que se cambia de especie y colocándolo siempre en la vertical a 1,5 – 2 m durante el mediodía solar, en ausencia de nubes. Los datos se promediaron para representar las bandas, azul (A, 450-520 nm), verde (V, 521-600 nm), rojo (R, 630-690 nm) e infrarrojo cercano (NIR, 760-900 nm) propias del satélite QuickBird y se calcularon diversos índices de vegetación: NDVI (NIR-R/NIR+R), RVI (NIR/R), NIR/V, NIR/A, A/V, A/R, V/R. Las firmas espectrales fueron procesadas con el programa SPSS 17.0 mediante análisis discriminante (AD) por el método *stepwise*, y dos modelos de redes neuronales: el perceptrón multicapa (MLP), y la función de base radial (RBF) (Ver modelos en MARTÍN y SANZ, 2006). La exactitud de la discriminación de los tres métodos se determinó en función del porcentaje de clasificación correcta por validación cruzada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el patrón de las curvas de reflectividad media de *C. melitensis* y *C. diluta* fue similar, aunque la magnitud y amplitud de los valores de reflectividad de ambas fueron muy diferentes (Figura 1). Estas diferencias de reflectividad multiespectral de las centaureas y el trigo indicaron la existencia de potencial para su discriminación.

El AD demostró que el índice NDVI resultó ser crucial para dicha discriminación, ya que fue la primera variable seleccionada (Tabla 1). Tanto el AD como los otros dos métodos de clasificación de redes neuronales, mostraron un 100% de correcta clasificación. Los resultados de la clasificación espectral obtenidos son muy satisfactorios e indican que el satélite *QuickBird* posee las resoluciones espectral y espacial óptimas para una clasificación de malas hierbas centaureas y trigo para estudios posteriores de elaboración de mapas de tratamientos localizados.

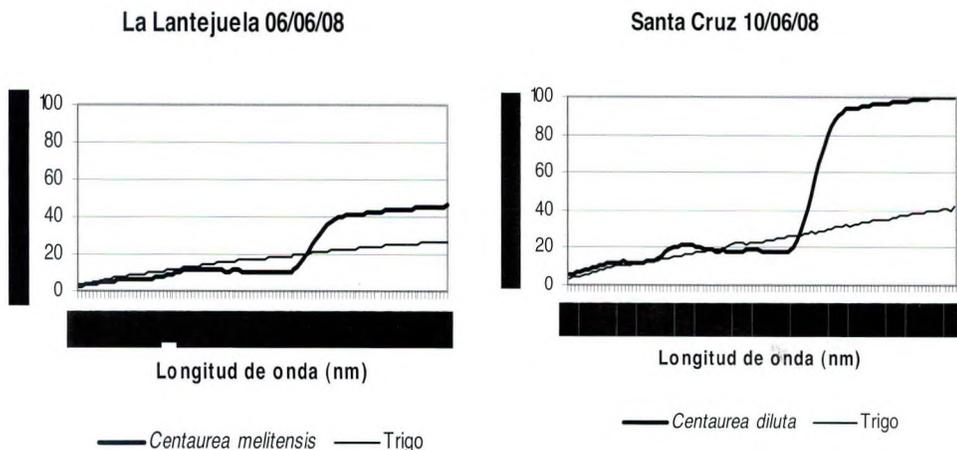
**Tabla 1.** Resultados del análisis discriminante para cada una de las especies de malas hierbas estudiadas y trigo.

Análisis Multiespectral	Índices y bandas	Lambda de Wilks	F Exacta	Clasificación general (%)	Validación cruzada (%)
<i>C. diluta</i> -Trigo	NDVI, RVI, A, NIR, A/R	0,003	11486,4	100	100
<i>C. melitensis</i> -Trigo	NDVI, NIR/A, A/V, NIR/V, V/R, RVI, V, R, NIR	0,017	117,5	100	99,5

## CONCLUSIONES

El análisis discriminante y las redes neuronales mostraron un 100% de correcta clasificación, indicando que existen diferencias espectrales entre trigo y ambas centaureas. Los resultados obtenidos

indican la alta potencialidad para discriminar rodales de *C. melitensis* y *C. diluta* en fase tardía en trigo con imágenes satélite QuickBird mediante teledetección.



**Figura 1.** Reflectividad media de *C. melitensis*, *C. diluta* y trigo en cada una de las zonas de estudio.

#### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por los proyectos CSIC-PIE 200740/008 y AGL-2008-04670-CO3-03 MEC del Ministerio de Ciencia e Innovación. La investigación de la Dra. M.T. Gómez-Casero ha sido financiada con fondos FEDER en el marco del proyecto JAE-Doc056 del CSIC.

#### BIBLIOGRAFÍA

- JURADO-EXPÓSITO, M.; LÓPEZ-GRANADOS, F.; GARCÍA-TORRES, L.; GARCÍA-FERRER, A.; SÁNCHEZ DE LA ORDEN, M. (2003). Multi-species weed spatial variability and site-specific management maps in cultivated sunflower. *Weed Science*, 51, 319-328.
- LÓPEZ-GRANADOS, F.; PEÑA-BARRAGÁN, J.M.; JURADO-EXPÓSITO, M.; GARCÍA-TORRES, L. (2006). Using remote sensing for identification of late-season grassy weeds patches in wheat (*Triticum durum*) for precision agriculture. *Weed Science*, 54, 346-353.
- MARTÍN DEL BRÍO, B.; SANZ MOLINA, A. (2006). *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Ra-Ma 3ª Ed. Madrid.
- PEÑA-BARRAGÁN, J.M.; LÓPEZ-GRANADOS, F.; JURADO-EXPÓSITO, M.; GARCÍA-TORRES, L. (2007). Mapping *Ridolfia segetum* patches in sunflower crop using remote sensing. *Weed Research*, 47, 164-172.
- SAAVEDRA, M. (1997). *Centaurea diluta* Aiton, nueva infestante en cultivos herbáceos en Andalucía. En: Actas del VI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, Valencia, 24-26/Noviembre/1997, pp: 173-176.

Summary: Late season spectral characterisation of wheat and starthistle (*Centaurea diluta* and *Centaurea melitensis*) through discriminant analysis and Neural Networks.

Field research was conducted in June 2008 to determine the potential of multispectral data for late-season discrimination of wheat and two species of starthistle *Centaurea diluta* and *C. melitensis* in Santa Cruz (Cordoba) and La Lantejuela (Seville), respectively. Spectral signatures of crop and weeds were analyzed in visible (blue: B; green: G; and red: R) and NIR bands similar to those of QuickBird satellite. Several vegetation indices were also studied. A discriminant analysis (DA) and two models of Neural Networks (ANN): Multilayer Perceptron and Radial Basis Function were applied. DA and ANN showed 100% spectral classification. The NDVI index resulted to be crucial. These results suggest the potential of multispectral data of QuickBird satellite for mapping these weeds for site-specific control.

Keywords: weed, precision agriculture, remote sensing, multispectral.