

### 3 C.1 - CLASIFICACIÓN DE *DIPLLOTAXIS VIRGATA* Y *SINAPIS ARVENSIS* EN TRIGO, HABAS Y GUIANTES MEDIANTE IMÁGENES AÉREAS

A. I. de Castro, M. Jurado-Expósito, J. M. Peña-Barragán, L. García-Torres,  
F. López-Granados.

Instituto de Agricultura Sostenible/CSIC, Apdo 4084, 14080-Córdoba. anadecastro@ias.csic.es

**Resumen:** El objetivo de este trabajo consistió en la discriminación de rodales de crucíferas en cultivos de invierno (trigo, habas y guisantes) utilizando imágenes aéreas y técnicas de teledetección, para elaborar mapas de infestaciones y determinar la superficie ocupada por éstas. En abril de 2007 se adquirieron imágenes aéreas multiespectrales en tres fincas de Córdoba, cultivadas de trigo, habas y guisantes e infestadas de crucíferas. Se tomaron datos con DGPS para la georreferenciación de las imágenes y de datos “verdad-terreno”. Se realizó una clasificación supervisada basada en bandas e índices de vegetación, empleando cuatro bandas y siete índices, validando los resultados mediante Matrices de Confusión. El mejor resultado de la discriminación cultivo-mala hierba se obtuvo con el índice R/A, debido a la diferencia de color entre cultivo (fase de maduración-verde) y crucífera (fase de floración-amarilla); los índices NDVI, RVI, A/V y A/R también fueron satisfactorios. Las técnicas de teledetección permitieron una óptima clasificación de los rodales de crucíferas en trigo, habas y guisantes mediante el uso de imágenes aéreas y la estimación de las superficies infestadas por las mismas.

**Palabras clave:** Agricultura de Precisión, Cultivos de Invierno, Crucíferas, Índices de Vegetación, Teledetección.

## INTRODUCCIÓN

Las malas hierbas crucíferas (ej.: *Diploaxis virgata* Cav. DC. y *Sinapis arvensis* L. entre otras) infestan con frecuencia los cultivos de invierno. Las crucíferas son especies muy competitivas y producen elevadas pérdidas en estos cultivos (MAS AND VERDÚ, 2003 y MILLER *et al.*, 2006), persistiendo los rodales en años posteriores e infestando cualquiera de los cultivos incluidos en la rotación. Los herbicidas utilizados en presiembra no realizan un adecuado control de crucíferas, en post-emergencia existen en el mercado herbicidas para cereales, aunque no para leguminosas, teniendo que recurrir en estos cultivos a la escarda o eliminación manual.

La agricultura de precisión persigue la aplicación localizada de agroquímicos con el fin de reducir costes, optimizar rendimientos de los cultivos, aumentar la rentabilidad y obtener beneficios ecológicos y ambientales. Las técnicas de teledetección permiten elaborar mapas de malas hierbas basándose en las diferencias morfológicas o fenológicas (ej.: cultivo-verde, mala hierba-amarilla), pudiendo elaborarse posteriormente mapas de tratamiento para la aplicación localizada de herbicidas (PEÑA-BARRAGÁN *et al.* 2007). Estudios de discriminación de rodales de malas hierbas gramíneas en trigo mediante técnicas de teledetección con imágenes aéreas (LÓPEZ-GRANADOS *et al.* 2006) demuestran el potencial de esta técnica para la discriminación de malas hierbas.

Los índices de vegetación, combinaciones o ratios de las bandas de la imagen, permiten aumentar las diferencias espectrales entre usos de suelo. Entre los más usados en estudios de

teledetección para clasificar vegetación están los basados en la diferencia espectral en las longitudes de onda del rojo y del infrarrojo cercano:  $RVI = (NIR/R)$  y  $NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$ .

El objetivo de este trabajo consistió en la clasificación de los rodales de malas hierbas crucíferas *Diplotaxis virgata* y *Sinapis arvensis* en cultivos de invierno: trigo, habas y guisantes utilizando imágenes aéreas y herramientas de teledetección.

## MATERIAL Y MÉTODOS.

El estudio se llevó a cabo en tres campos situados en la provincia de Córdoba (Andalucía): Montalbán (23,7 ha), San Sebastián (4,8 ha) y El Arrecife (3,6 ha), cultivados de guisantes, habas y trigo, respectivamente. Se tomaron imágenes aéreas en color e infrarrojo color el 18 de Abril de 2007. En esta misma fecha, se tomaron puntos de control con DGPS en cada localidad, para la georreferenciación de las imágenes y datos verdad-terreno para el análisis y validación de los procesos de clasificación.

Se utilizó el método de clasificación supervisada de Separación de Clases, basado en bandas e índices de vegetación, utilizando cuatro bandas A (azul), V (verde), R (Rojo) y NIR (infrarrojo cercano) y siete índices: NDVI, RVI, A/V, R/A, R/V, NIR/A y NIR/V, para determinar cuál de ellos permite una mejor discriminación entre cultivo y mala hierba. En cada banda e índice de vegetación se calculó la media y desviación típica de cada categoría, a partir de la cual, y mediante un proceso iterativo, se obtuvieron los valores digitales frontera (VDF) que mejor definían cada clase dentro de la imagen. Cada método de clasificación fue evaluado por una Matriz de Confusión, cuantificando la coincidencia entre las categorías clasificadas y los datos verdad-terreno a través de los estadísticos de clasificación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

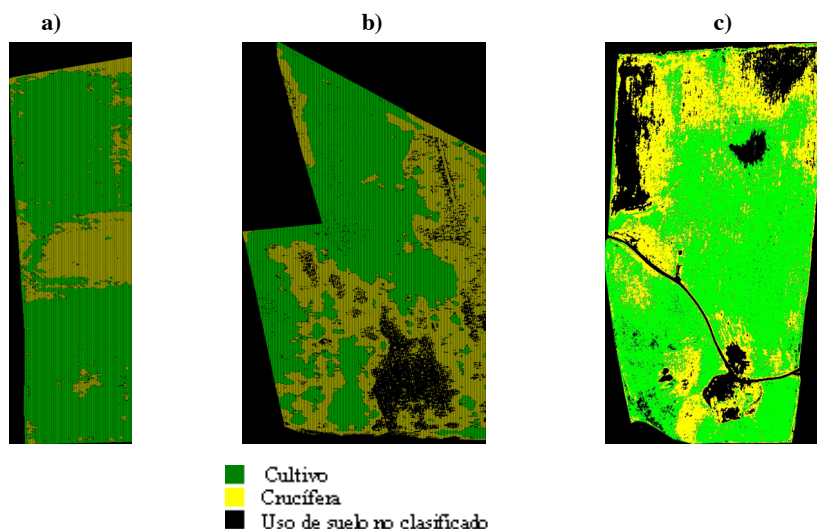
Los valores digitales medios y las desviaciones estándar de las bandas e índices de vegetación para los usos de suelo: cultivo (trigo, habas, guisantes) y crucíferas variaron según las localidades y el uso estudiado. Los valores medios espectrales obtenidos para los cultivos también variaron entre ellos y fueron diferentes a los de crucíferas, lo que permitió diferenciar usos.

En la Tabla 1 se recogen los valores de los estadísticos de clasificación obtenidos de la matriz de confusión: fiabilidad global del mapa (FG) y coeficiente Kappa (K), para cada una de las localidades estudiadas. El mejor resultado en la discriminación cultivo-mala hierba se obtuvo con el índice de vegetación R/A en los tres cultivos, alcanzando valores de FG de 97,61% en trigo, 98,07% en habas y 99,99% en guisantes. Los índices NDVI, RVI y A/V también fueron satisfactorios para la discriminación de las malas hierbas frente a los tres cultivos, obteniendo valores de FG superiores al 88,5%, por encima del 85% indicado por THOMLINSON *et al.* (1999) como valor necesario para considerar válida la clasificación.

Los valores obtenidos para crucíferas en el índice NDVI fueron menores que los obtenidos para los cultivos, debido a la diferencia en el estado fenológico de cultivos y malas hierbas en el momento de toma de la imagen: cultivo-estado vegetativo-verde y crucífera-floración-amarilla, debido a que el índice NDVI mide el vigor o verdor de la vegetación.

La diferencia de color entre las crucíferas y el cultivo en el momento de la toma de la imagen, permite la excelente discriminación del índice R/A, ya que el color amarillo se produce por reflectancia alta del R y V, y baja del A.

Con las mejores clasificaciones de cada localidad se elaboraron los mapas de infestaciones de las crucíferas en los cultivos de trigo, habas y guisantes (Figura 1a) para El Arrecife, (Fig.1b) San Sebastián y (Fig.1c) Montalbán, respectivamente, en base a los cuales se pudo estimar la superficie infestada por las crucíferas para cada una de las bandas e índices de vegetación utilizados, oscilando entre el 25 y el 33% de El Arrecife, el 10,5 y el 44% de San Sebastián y el 10,11 y el 28,2% de Montalbán.



**Figura 1.** Imágenes clasificadas con el índice R/A de El Arrecife (trigo), San Sebastián (habas) y Montalbán (guisantes), respectivamente.

**Tabla 1.** Valores de los estadísticos de clasificación obtenidos en la matriz de confusión

Uso ( <sup>3</sup> )	B IV ( <sup>2</sup> )	Localidades								
		El Arrecife (Trigo)			San Sebastián (Habas)			Montalbán (Guisantes)		
		VDF	Estadísticos <sup>(1)</sup>		VDF	Estadísticos <sup>(1)</sup>		VDF	Estadísticos <sup>(1)</sup>	
	FG (%)	K		FG (%)	K		FG (%)	K		
Mh	A	49-54	58,57	0,10	73-76	74,04	0,08	82-95	98,39	0,33
C		55-72			28-72			48-81		
Mh	V	93-142	81,01	0,45	98-129	95,05	0,78	110-136	99,31	0,77
C		32-92			41-97			70-109		
Mh	R	55-105	86,36	0,64	71-102	94,41	0,75	67-97	99,56	0,86
C		4-54			22-70			34-66		
Mh	NIR	200-230,5	73,57	0,10	216-236	91,53	0,62	205-230,5	99,50	0,84
C		133-199			175-215			174,5-204		
Mh	NDVI	0,33-0,55	90,02	0,74	0,38-0,49	93,52	0,69	0,40-0,50	99,60	0,86
C		0,56-0,91			0,50-0,79			0,51-0,70		
Mh	RVI	2,0-3,40	88,80	0,70	2,22-2,90	93,74	0,69	2,35-3,05	99,42	0,82
C		3,41-15,37			3,0-8,54			3,06-5,28		
Mh	A/V	0,58-0,66	88,66	0,73	0,52-0,69	98,11	0,92	0,57-0,67	99,49	0,82
C		0,67-0,83			0,70-0,88			0,68-0,80		
Mh	R/A	0,92-1,23	97,61	0,94	1,02-1,32	98,07	0,92	0,85-1,12	99,99	0,99
C		0,42-0,91			0,66-1,01			0,68-0,84		
Mh	R/V	0,63-0,80	88,17	0,69	0,73-0,76	78,49	0,29	0,63-0,74	99,66	0,88
C		0,23-0,62			0,47-0,72			0,44-0,62		
Mh	NIR/A	3,50-3,70	55,58	0,07	3,56-3,60	12,98	0,01	3,31-3,74	97,82	0,10
C		2,71-3,40			3,66-6,71			2,62-3,30		
Mh	NIR/V	1,72-2,05	79,98	0,50	1,70-2,14	93,91	0,72	1,66-1,84	98,99	0,63
C		2,10-4,78			2,15-4,39			1,85-2,51		

<sup>(1)</sup>FG: fiabilidad; K: índice Kappa. <sup>(2)</sup>Bandas: A= azul, V= verde, R= rojo, NIR= infrarrojo cercano; IV (índices vegetación): NDVI= (NIR - R/ NIR+R); RVI=NIR/R. <sup>(3)</sup>Uso suelo: Mh: mala hierba, C: cultivo.

## CONCLUSIONES

El análisis de imágenes aéreas con técnicas de teledetección permitió una óptima clasificación de los rodales de crucíferas en los cultivos de invierno estudiados, y la estimación de las superficies infestadas por las mismas. A partir de estos mapas pueden elaborarse mapas de tratamiento localizado de herbicidas dirigidos sólo a las zonas infestadas.

Los mejores resultados en la discriminación cultivo-mala hierba se obtuvieron para los índices de vegetación R/A, NDVI, RVI y A/V en los tres cultivos.

## BIBLIOGRAFÍA

- LÓPEZ-GRANADOS, F., JURADO-EXPÓSITO, M, PEÑA-BARRAGÁN, J.M. AND GARCÍA-TORRES, L., 2006. Using remote sensing for identification of late-season grass weed patches in wheat. *Weed Science*, 54: 346-352.
- MAS, M. AND VERDÚ., A.M.C. 2003. Tillage system effects on weed communities in a 4-year crop rotation under Mediterranean dryland conditions. *Soil and Tillage*, 74: 15-24.
- MILLER, P.R., ÁNGEL, R.E. AND HOLMES, J.A. 2006. Cropping Sequence Effect of Pea and Pea Management on Spring Wheat in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 98: 1610-1619.
- PEÑA-BARRAGÁN, J.M., LÓPEZ-GRANADOS F., JURADO-EXPÓSITO, M. AND GARCÍA-TORRES, L., 2007. Mapping *Ridolfia segetum* patches in sunflower crop using remote sensing. *Weed Research*, 47: 164-172.
- THOMLINSON, J.R., BOLSTAD, P.V. AND COHEN W.B. 1999. Coordinating methodologies for scaling landcover classification from site-specific to global: steps toward validating global maps products. *Remote Sensing of Environment*, 70: 16-28

Summary: Classification of *Diploaxis virgata* and *Sinapis arvensis* in wheat, broad bean and peas using aerial images. The objective of this work was to classify and map *Diploaxis virgata* Cav. DC and *Sinapis arvensis* L. patches in three winter crops: wheat, broad bean and peas using multispectral aerial images captured in April 2007 in three fields located in Cordoba. Class separation based on vegetation indexes and bands were used and corresponding confusion matrixes were calculated. *D. virgata* and *S. arvensis* patches were efficiently discriminated with R/B, NDVI, RVI, B/G and B/R vegetation indexes. These results point out that to map *D. virgata* and *S. arvensis* patches in winter crops and to design weed infestation maps to be used in precision agriculture for site-specific management, is feasible using aerial images and remote sensing techniques.

Keywords: Cruciferous, Precision Agriculture, Remote Sensing, Vegetation indexes, Winter Crops.