

DISCRIMINACIÓN DE CULTIVOS DE REGADÍO DEL VALLE DEL GUADALQUIVIR EN DIFERENTES ESTADOS FENOLÓGICOS CON ESPECTRORRADIOMETRÍA DE CAMPO Y REDES NEURONALES

F. López-Granados, M. T. Gómez-Casero, J. M. Peña-Barragán, M. Jurado-Expósito y L. García-Torres.

Instituto de Agricultura Sostenible (IAS)-CSIC. Apdo. 4084, 14080 Córdoba. flgranados@ias.csic.es

RESUMEN

El mapeo de cultivos de regadío con técnicas de Teledetección resulta útil para inventarios de superficie y determinar sus requerimientos de agua. En las zonas Mediterráneas estos cultivos presentan gran fragmentación en términos de diversidad y un reducido tamaño de las parcelas. Por ello, para su discriminación se necesitarían imágenes de satélite de alta resolución espacial como QuickBird. Como paso previo al análisis de estas imágenes, tiene gran interés conocer las firmas espectrales de dichos cultivos. Dado que las características espectrales de los cultivos varían en función de su estado fenológico, es necesario discriminar espectralmente los diversos cultivos en diferentes épocas del año para determinar el momento idóneo para tomar las imágenes.

Nuestro objetivo fue evaluar el potencial de dos modelos de Redes Neuronales para clasificar las firmas espectrales dentro de la clase (especie) a la que pertenecen y conocer la importancia de cada variable en el modelo. Se tomaron firmas espectrales de 14 cultivos de regadío (herbáceos y leñosos) en tres fechas (mayo, junio, septiembre) en 2007. Los datos espectrales se asemejaron a las longitudes de onda del satélite QuickBird y se les aplicaron dos modelos de Redes Neuronales: Perceptrón Multicapa (MLP) y Función de Base Radial (RBF). El MLP resultó ser el mejor método, mostrando el 89,8% y 96,4% de correcta clasificación en mayo y septiembre. Por tanto, éstas serían las fechas idóneas para la toma de imágenes QuickBird. Los índices A/V, A/R y aquellos que incluían la banda NIR, resultaron ser las variables más importantes para discriminar los diferentes cultivos de regadío y suelo desnudo.

En este Congreso se presentan los resultados preliminares del análisis de una imagen QuickBird tomada en septiembre (Jurado-Expósito et al.).

ABSTRACT

Irrigation crop mapping using remote sensing technique provides a useful source of data from which updated surface inventories and water requirements information can be extracted. Field research was conducted to determine the potential of four multispectral wavebands in the visible and near infrared (NIR) spectral range currently available on the commercial satellite QuickBird and seven vegetation indices, for classifying bare soil and annual and perennial herbaceous crops, and deciduous and non deciduous trees irrigated crops.

Reflectance data were collected in spring, early summer and late summer in 2007, using a handheld field spectroradiometer. Two neural network classification methods were applied to discriminate differences in reflectance between the different crops and bare soil: Multilayer Perceptron (MLP), and Radial Basis Function (RBF). Reflectance data were averaged to represent similar multispectral broad wavebands (blue, B: 450-520 nm; green, G: 521-600 nm; red, R: 630-690 nm; and NIR: 760-900 nm) available on the commercial satellite QuickBird. The NDVI, RVI, NIR/G, NIR/B, B/G, B/R, and G/R vegetation indices were also calculated from the B, G, R and NIR wavebands. The highest correct performance was achieved with MLP neural network in any of the sampling dates showing 89.9%, and 96.4% of correct classification in spring and late summer respectively. Spring and late summer and applying visible and NIR wavebands to high-spatial resolution multispectral images could be the most appropriate periods and conditions to discriminate between the different Mediterranean irrigation crops studied considering their different phenological stages.

Preliminary results from a QuickBird image taken in 2007 September are presented in this congress (Jurado-Expósito et al.).

Palabras clave: teledetección, multispectral, agricultura de precisión, herbáceos, leñosos.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de regadío supone una importante demanda de agua del total requerida por la agricultura, constituyendo en España una parte considerable de su economía (Montesinos y Bea, 2008). El uso excesivo del agua de regadío ha deteriorado sus reservas, por lo que las políticas de la Unión Europea (UE), y en particular la política agrícola común (PAC), se orientan cada vez más hacia la regulación del suministro de agua a la agricultura y a la promoción del empleo de prácticas de agricultura sostenible. Ello requiere el desarrollo de métodos precisos para estimar la superficie ocupada por cada cultivo.

La teledetección es una herramienta que ha permitido detectar y monitorizar cambios en la vegetación. El mapeo de cultivos por teledetección resulta útil para inventarios de superficie y determinar sus diferentes requerimientos de agua.

La mayoría de los estudios de clasificación e inventariado de cultivos por teledetección se han llevado a cabo con sensores multiespectrales (Bastiaansen et al., 2000; Rama Rao et al., 2007).

Una de las principales características del regadío en las zonas mediterráneas es la fragmentación en términos de diversidad: herbáceos (anuales y perennes), leñosos (de hoja caduca y de hoja perenne), como en el pequeño tamaño de las parcelas, donde la discriminación con sensores de alta resolución temporal pero media-baja resolución espacial, puede ser muy imprecisa. Por ello, el manejo de imágenes de satélites de alta resolución espacial (2,4 m en multiespectral), como el denominado *QuickBird* resulta muy útil para cartografiar cultivos de esta zona.

Previamente a los estudios con estas imágenes ha de realizarse un análisis espectral con datos de campo en las mismas bandas de dicho satélite, para determinar la potencialidad de las longitudes de onda más apropiadas para su identificación.

Por otra parte, se ha comprobado que las características espectrales de los cultivos varían a lo largo del tiempo en función de su estado fenológico (Kavdir, 2004; Girma et al., 2005; Peña-Barragán et al., 2006). Por este motivo, tendría un elevado interés conocer las distintas firmas espectrales de los cultivos de regadío en diferentes épocas del año, como paso previo a los estudios de análisis de imágenes de satélite. Ello requiere el desarrollo de

un algoritmo que pueda clasificar correctamente las firmas espectrales dentro de la clase (especie) a la que pertenecen. Varios métodos estadísticos multivariantes y modelos de redes neuronales han resultado óptimos para detectar estrés nutricional y discriminar cultivos de malas hierbas (Karimi et al., 2005; López-Granados et al., 2008). Sin embargo, existe escasa información respecto a la aplicación de redes neuronales para la discriminación espectral y clasificación de cultivos de regadío en condiciones de campo.

Por ello, nuestro objetivo fue evaluar el potencial de dos modelos de redes neuronales, el perceptrón multicapas (MLP) y la función de base radial (RBF), para la clasificación de suelo desnudo y cultivos de regadío herbáceos anuales y perennes, y árboles de hoja caduca y perenne, mediante espectrorradiometría de campo en diferentes fechas a partir de datos multiespectrales e índices de vegetación de las regiones del espectro del visible e infrarrojo cercano y conocer la importancia de cada una de las variables en el modelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

El trabajo se realizó en una zona de regadío de unos 70 km² en Posadas (Córdoba). Los cultivos objeto de estudio se agruparon en herbáceos anuales (ajo: *Allium sativum* L.; cebolla: *A. cepa* L.; girasol: *Helianthus annuus* L.; habas: *Vicia faba* L.; maíz: *Zea mays* L.; patata: *Solanum tuberosum* L.; trigo: *Triticum aestivum* L.; cucurbitáceas: melón: *Cucumis melo* L. y sandía: *Citrillus lanatus* Thunb.; algodón: *Gossypium hirsutum* L.) y perennes (alfalfa: *Medicago sativa* L., y espárrago: *Asparagus officinalis* L.) y leñosos de hoja caduca (ciruelos: *Prunus* spp.) y hoja perenne (cítricos: *Citrus* spp. y olivo: *Olea europaea* L.).

Datos espectrales

Se tomaron 30 medidas espectrales en 30 individuos (plantas o árboles) de cada especie con el espectroradiómetro de campo (dominio 400-900 nm, ASD Handheld FieldSpec) en tres fechas, primavera (15 mayo), principios de verano (28 junio) y finales de verano (7 septiembre). Para el análisis multiespectral se promediaron los datos de reflectividad en las bandas azul (A: 450-520 nm), verde (V: 521-600 nm), rojo (R: 630-690 nm) e infrarrojo cercano (NIR: 760-900 nm), del citado satélite. Asimismo se calcularon diversos índices de vegetación: NDVI (NIR-R/NIR+R), RVI (NIR/R), NIR/V, NIR/A, A/V, A/R y V/R.

Modelos de clasificación

Los datos fueron procesados mediante dos modelos de redes neuronales: el perceptrón multicapa (MLP), y la función de base radial (RBF) con el programa SPSS 17.0. La exactitud de la discriminación se determinó en función del porcentaje de clasificación correcta por validación cruzada. Así mismo, se determinó la importancia de cada una de las variables independientes en el modelo mediante la selección de dicha opción en el programa estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el patrón de las curvas de reflectividad media fue similar para los diferentes cultivos estudiados aunque los estados fenológicos afectaron a la magnitud y amplitud de los valores de reflectividad (Fig. 1). Estas diferencias de reflectividad de los distintos cultivos y suelo desnudo indicaron la existencia de potencial para su clasificación.

El MLP resultó ser el mejor modelo de clasificación, mostrando los mayores porcentajes de correcta clasificación: 89,8%; 91,1 y 96,4%; en primavera (15 mayo), principios de verano (28 junio) y finales de verano (7 septiembre), respectivamente. Las variables que mostraron mayor potencialidad para la clasificación de los distintos usos de suelo en las tres fechas de estudio fueron el índice A/V, A/R y los índices que incluían la banda NIR (Tabla 1).

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 cultivos de regadío para estudios posteriores. En función de estos resultados, para poder clasificar los diferentes cultivos de regadío y suelo desnudo mediante teledetección, habría que adquirir dos imágenes de satélite: una en primavera y otra a finales de verano, ya que es en estas fechas cuando están presentes la mayor parte de los cultivos de la zona.

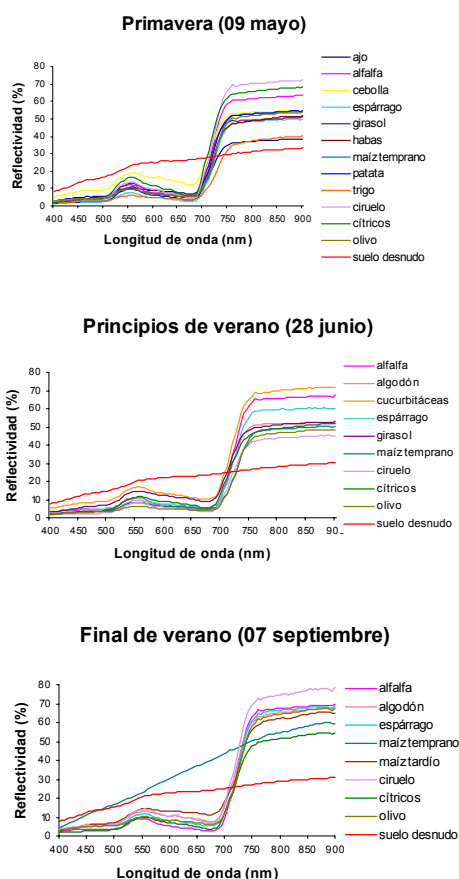


Figura 1.- Reflectividad media de cada uno de los usos de suelo estudiados en primavera, principios de verano y final de verano.

Tabla 1.- Porcentaje de clasificación e importancia de las variables seleccionadas.

Fechas	Modelo	Longitudes de onda (nm) e Índices de vegetación	Importancia de las variables
		Todas las bandas [450-900] e índices	
Primavera	MLP	89.8	A/V, NDVI, A/R
	RBF	76.2	A/R, NIR, A/V
Comienzos verano	MLP	91.1	A/V, A/R, NIR/V
	RBF	80.0	R, A/V, V
Finales de verano	MLP	96.4	A/V, A/R, RVI
	RBF	86.8	A/V, R, A/R

BIBLIOGRAFÍA

Bastiaanssen, W.G.M.; Molden, D.J. and Makin, I.W. 2000. Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agriculture Water Manage.* 46, 137-155.

Girma, K.J.; Mosali, J.; Raun, W.R.; Freeman, K.W.; Martin, K.L.; Solie, J.B. and Stone, M.L. 2005. Identification of optical spectral signatures for detecting cheat and ryegrass in winter wheat. *Crop Science*, 45, 477-485.

Karimi, Y.; Prasher, S.O.; McNaim, H.; Bonnell, R.B.; Dutilleul, P. and Goel, P.K. 2005. Classification accuracy of discriminant analysis, neural networks and decision trees for weed and nitrogen stress detection in corn. *Trans. ASAE*. 48, 1261-1268.

Kavdir, I. 2004. Discrimination of sunflower, weed and soil by artificial neural network. *Comput. Electron. Agr.* 44, 153-160.

López-Granados, F.; Peña-Barragán, J.M.; Jurado-Expósito, M.; Francisco-Fernández, M., Cao, R.; Alonso-Betanzos A. and Fontenla-Romero, O. 2008. Multispectral classification of grass weeds and wheat (*Triticum durum*) using linear and nonparametric functional discriminant analysis and neural networks. *Weed Res.* 48, 28-37.

Montesinos, S. and Bea, M. 2008. Operational applications of remote sensing in water resources management. *Revista de Teledetección* 29, 91-100.

Peña-Barragán, J.M.; López-Granados, F.; Jurado-Expósito, M. and García-Torres, L., 2006. Spectral discrimination of *Ridolfia segetum* and sunflower as affected by phenological stage. *Weed Res.* 46, 10-21.

Rama Rao, N.; Garg, P.K. and Ghosh, S.K. 2007. Development of an agricultural crops spectral library and classification of crops at cultivar level using hyperspectral data. *Precis. Agric.* 8, 173-185.

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.