

ESTUDIO DE DAÑOS EN CÍTRICOS PRODUCIDOS POR SEQUÍA MEDIANTE MÉTODOS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN*

Pedro Pérez Cutillas y Manuel Erena Arrabal

*Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario***

RESUMEN

El objetivo principal del estudio se ha centrado en la elaboración de una metodología basada en el uso de técnicas de observación de la Tierra adecuada para la determinación de los efectos producidos en zonas afectadas por estrés hídrico prolongado, incidiendo en su aplicación para la mejora de la gestión de las posibles pérdidas por sequía por parte de las entidades aseguradoras.

En este trabajo se presentan los resultados del análisis realizado para relacionar los posibles daños sufridos por cultivos cítricos en zonas afectadas por un fenómeno de sequía y la información multiespectral contenida en una imagen de alta resolución.

Para ello, se han estimado los daños producidos en cultivos agrícolas por la sequía, desarrollando unos criterios de selección a partir de los cuales se ha generado una clasificación estadística de los datos procedentes de la imagen multiespectral. Esto ha servido para obtener un gradiente de afectación por la falta de riego dentro del conjunto de parcelas de cítricos de la zona de estudio.

Palabras clave: Teledetección, sequía, daños, cítricos.

Study of damage to citrus crops caused by drought by means of methods of precision agriculture

ABSTRACT

This study has been focused on the elaboration of a methodology based on the use of Earth observation techniques and useful for the determination of the effects produced over agricultural exploitations by a severe hydric stress. In this sense, a special emphasis has been made for the analysis of the potential application of this methodology in the improvement of the insurance companies management regarding economical losses caused by droughts.

This paper introduces the results obtained for an analysis performed for the definition of the existent relationship between the agricultural damages produced in citrus plots by a extended drought situation and multispectral data contained in a high resolution image.

Agricultural damages produced by a drought period have been estimated in order to develop selection criterions used for the generation of an statistic classification of the remote

* Fecha de recepción: 16 de mayo de 2011.

Fecha de aceptación: 24 de junio de 2011.

** Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA) Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 30150. La Alberca. MURCIA (España). E-mail: pedrope@um.es, manuel.arena@carm.es

sensing data. This procedure has allowed to obtain a gradient over the citric crops plots within the study area that characterises trees condition caused by a lack of irrigation.

Key Words: Remote sensing, drought, crop damages, citric crops.

INTRODUCCION

La posición geográfica en la que se encuentra la península ibérica, unida a los indudables cambios experimentados en las constantes climáticas, hacen de nuestro territorio una zona de alta vulnerabilidad y extrema fragilidad ante los elementos meteorológicos, siendo la agricultura uno de los sectores más sensibles a estos cambios.

La época de sequía que se inició en el año 2005 afectó a todo el territorio nacional y especialmente a las cuencas hidrográficas del Sureste peninsular. La ausencia de lluvias, y de agua acumulada, provocó un período de carácter extremadamente seco, traducándose en un descenso de las precipitaciones que estuvieron en el intervalo del 10% de los años más secos del periodo 1947 – 2005, lo que ocasionó numerosos daños en la agricultura.

Con el avance y desarrollo de los nuevos sensores de captación de imágenes, que mejoran de manera extraordinaria la resolución espacial de las capturas y que aumentan en cantidad y calidad los datos obtenidos, se abre una novedosa línea de estudio, que entronca dentro de la denominada “agricultura de precisión”. Este nuevo concepto agronómico se basa en la gestión de parcelas agrícolas mediante el uso de tecnologías como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), captación masiva de datos (teledetección) y el uso combinado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que nos ayudan a estimar, evaluar y entender las variaciones de los datos obtenidos (Chartuni, E. 2007).

En el presente trabajo se pretende utilizar una metodología basada en técnicas de clasificación estadística, acorde a los conceptos de agricultura de precisión, mencionados anteriormente, para estimar los daños producidos en cultivos agrícolas por la sequía, desarrollando unos criterios de selección en los que se pueda generar una clasificación estadística de los datos procedentes de la imagen para obtener un gradiente de afección por la falta de riego en los cultivos de cítricos en la zona de estudio.

ZONA DE ESTUDIO

Para este trabajo se ha seleccionado una parte de la zona norte del municipio de Santo-mera, localizado en la parte Este de la Región de Murcia (imagen 1), que se caracteriza por ser un área de gran importancia en el cultivo de cítricos en regadío. Dentro de este espacio se ha seleccionado una superficie compuesta por parcelas con cultivos de limoneros, extraídas de la cobertura de suelos agrícolas, pertenecientes al Sistema de Información Geográfica de apoyo a la elaboración de la Estadística Agraria de Murcia (SIGEAM) realizado por el IMIDA, obteniéndose una superficie total de 410,6 hectáreas.

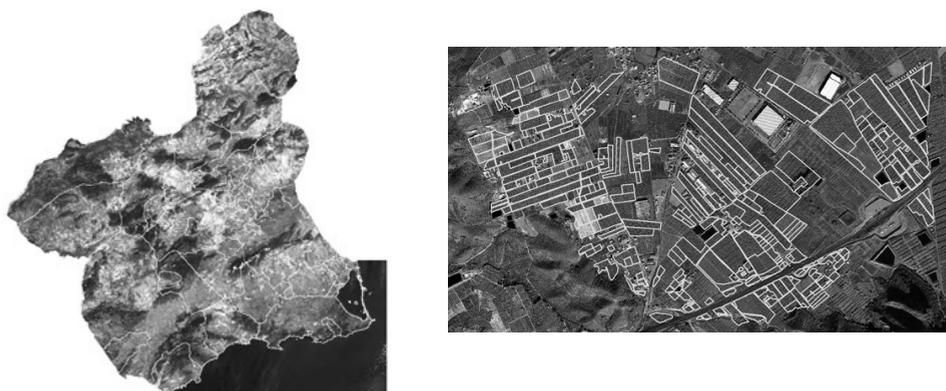


Imagen 1. Situación dentro de la región de Murcia y vista general de la zona de estudio

METODOLOGÍA

Los datos que se han utilizado en el proceso se han generado a partir de un vuelo, realizado el 3 de Julio de 2007. La cámara utilizada para la captura de imágenes ha sido la Leica ADS40 transportada en un avión tipo Partenavia P68C, lográndose una resolución espacial para la imagen de 35 cm y radiométrica de 16 bits por píxel. Las imágenes obtenidas cuentan con información espectral dentro de las bandas del visible y del infrarrojo cercano.

Los análisis realizados se han efectuado siguiendo los pautas de una clasificación supervisada, siendo esta técnica un método más controlado por el usuario que otros tipos de clasificación automáticos (Di Gregorio, A. 2000). En este proceso, se pueden seleccionar los píxeles que representan patrones que el sistema informático reconoce o que puede identificar con la ayuda de otras fuentes. Por este motivo, se requiere un conocimiento previo de los datos, las clases a seleccionar y los algoritmos a utilizar, antes de empezar a seleccionar las muestras de entrenamiento.

Para la valoración de los daños producidos por la sequía en las parcelas seleccionadas para este trabajo se han estimado cuatro clases o grados de afección (Imagen 2) por la falta de agua de acuerdo a las necesidades de los cultivos:

- Un primer grado de afección, en la que el cultivo se encuentra en condiciones óptimas de producción.
- Un segundo grado, donde el cultivo, a pesar de tener ciertos problemas de desarrollo vegetal por la falta de riegos puntuales, se encuentra en condiciones aceptables dentro del proceso de crecimiento.
- Un tercer grado, en la que los cultivos se ven claramente afectados por la falta de agua, mostrando elementos claramente visibles de pérdida de masa foliar y producción.

- Y finalmente un cuarto grado de afección, en el que se incluyen los cultivos que han sobrepasado el umbral de resistencia a la sequía, apareciendo como árboles secos y sin cobertura foliar.



Árbol con grado de afección 1



Árbol con grado de afección 2



Árbol con grado de afección 3



Árbol con grado de afección 4

Imagen 2. Grados de afección

Siguiendo estos criterios, se han obtenido en campo 73 puntos de control de los diferentes grados de afección. La toma de la información se realizó durante los días 22, 23 y 25 de enero de 2008, con la utilización de un GPS para la localización de las parcelas y cámara fotográfica para la toma de imágenes que posteriormente fueron analizadas. Estos puntos de campo se han estudiado para valorar cuales de ellos son los que mejor se adaptan al rango de valores que conforma el patrón espectral de cada una de las clases, obteniéndose un total de 30 zonas de control.

En este proceso, beneficiándonos de la alta resolución que aporta la imagen, se ha extraído información exclusivamente de las copas de los cultivos, eliminando datos provenientes de la zona de suelo, lo que nos ayuda a conseguir una información muy homogénea desprovista de “ruido” o datos que no concuerdan con dicha clase. Siguiendo estos pasos, se han obtenido una serie de polígonos (imagen 3) que definen las características espectrales de los cuatro grados de afección elegidos.



Imagen 3. Áreas de entrenamiento obtenidas en campo

Para determinar la bondad o validez de las áreas de entrenamiento seleccionadas, se ha realizado un cálculo de separabilidad entre las firmas espectrales, proceso que analiza la distancia estadística entre esta información, estableciendo la existencia o no de una diferencia suficiente entre los datos muestrales, lo que nos asegura una considerable fiabilidad en la fase de asignación.

El último paso de este método, es la realización de una clasificación estadística supervisada. Este paso implica categorizar una imagen multibanda en términos estadísticos, lo que supone reducir la escala de medida de una variable continua (niveles digitales - ND), a una escala nominal o categórica. La imagen multibanda se convierte en otra imagen en donde los ND que definen cada píxel no tienen relación con la radiancia detectada, sino se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese píxel (Chuvieco, 1996). En este caso se ha utilizado una regla de decisión paramétrica en el proceso de clasificación, utilizando criterios de asignación de máxima probabilidad. Este clasificador es el más seguro, ya que se ajusta con mayor rigor a la disposición original de los datos (Speranza F. C.).

RESULTADOS

Para la elaboración de las áreas de entrenamiento se han definido una serie de polígonos que contienen la información de los diferentes grados de afectación del cultivo (imagen 3) y que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Superficie de las áreas de entrenamiento

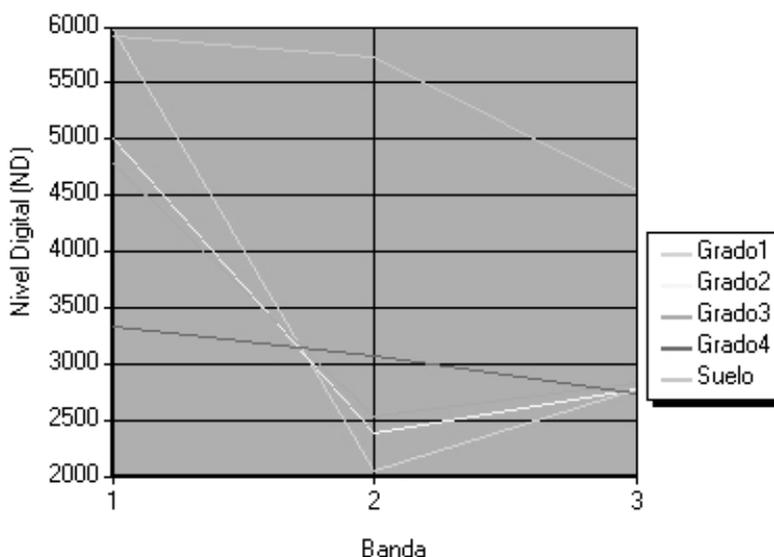
Grado de afección	Nº de polígonos	Superficie (m ²)
Grado 1	76	1.005
Grado 2	45	773
Grado 3	36	357
Grado 4	24	246
Total	181	2.381

De esta manera, se han adquirido los valores de los niveles digitales de la imagen en estas áreas, obteniéndose un histograma modelo para cada categoría. En el análisis de separabilidad, que en este caso se ha utilizado el de distancia euclidiana (tabla 2), se ha obtenido un índice muy apropiado entre la clase suelo y el resto de clases. A su vez, el índice de separabilidad entre las clases Grado 1 y Grado 4, también ha resultado bastante aceptable. Solo las clases Grado 2 y Grado 3 muestran unos valores similares, que pueden producir ciertos problemas en el proceso de asignación de los píxeles de la imagen a las categorías elegidas. Para una mejor interpretación de los datos se presenta la información en la siguiente gráfica (gráfica 1).

Es conveniente comentar que se han elaborado una serie de algoritmos para la obtención de los valores de la categoría suelo. Pero debido a su alta heterogeneidad, ha resultado muy complicada su categorización, por lo que definitivamente se ha optado por su inclusión en el proceso de clasificación.

Tabla 2. Distancia Euclidiana entre las medias de las firmas

Categoría	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Suelo
Grado 1	0	1030,54	1282,51	2827,76	4086,06
Grado 2	1030,54	0	265,81	1798,05	3891,60
Grado 3	1282,51	265,81	0	1550,30	3795,47
Grado 4	2827,76	1798,05	1550,30	0	4125,35
Suelo	4086,06	3891,60	3795,47	4125,35	0



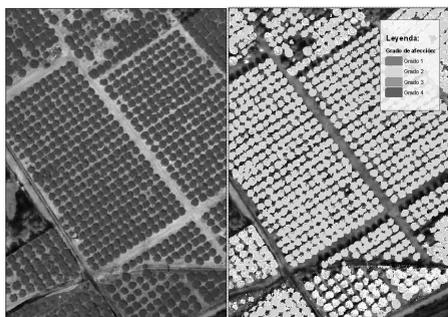
Grafica1. Análisis del índice de separabilidad

En el examen realizado a la información extraída del índice de separabilidad podemos interpretar que la similitud de las clases Grado 2 y Grado 3 se debe a que los datos obtenidos en campo para la asignación de estas categorías, sigue unos criterios de interpretación del estado del cultivo, lo que introduce un elemento de subjetividad que aumenta en las clases donde el umbral de cambio entre estas categorías es menos perceptible que en las correspondientes a cultivos secos o a cultivos en condiciones óptimas de producción. A esto, hay que sumar el desfase de algunos meses entre la fecha de adquisición de la imagen y la fecha de la toma de datos en campo, lo que genera que en estas clases más próximas, los pequeños cambios en el estado de la planta sean más susceptibles. Por lo que para sucesivos trabajos, se puede mejorar la selección de las clases con criterios más restrictivos, además de individualizar los valores de afección a nivel de árbol, en vez de parcelas.

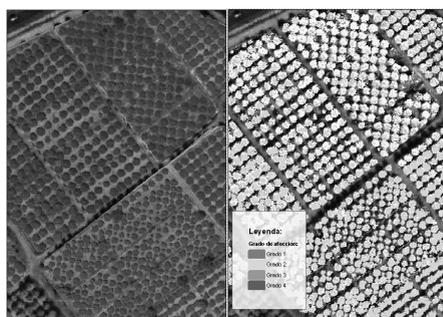
Los resultados de la clasificación supervisada, expuestos en las siguientes figuras (imagen 4 y 5), nos muestran los valores asignados de los niveles digitales de la imagen original en las diferentes categorías seleccionadas previamente.



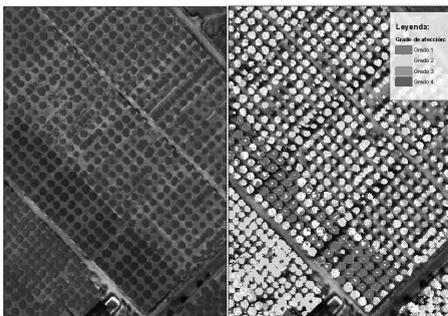
Imagen 4. Resultado de la clasificación en grados de afectación.



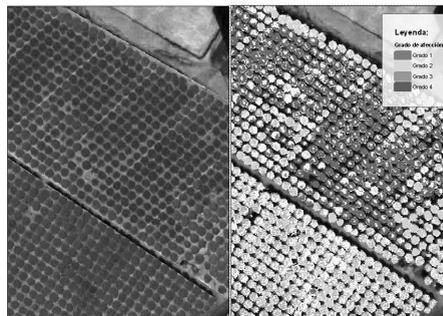
Grado 1



Grado 2



Grado 3



Grado 4

Imagen 5. Detalles de los resultados de la clasificación.

La clasificación realizada sobre una superficie total de 410,6 ha de cultivos de cítricos, nos ofrece los siguientes resultados (tabla 3). En este análisis se ha introducido la superficie correspondiente a suelo desnudo en cada parcela, como elemento para la estimación del área de copa de los árboles.

En la primera categoría, perteneciente a los cultivos en perfecto estado de producción, nos encontramos que superan el 11% de la superficie total de la parcela, y se acercan al 50% de la superficie correspondiente al área de copa de los cultivos. En la categoría de grado 2 el porcentaje de superficie total es de algo más de 7%, llegando al casi 30% de superficie en copa, siendo el de 4,7% y 18,87 de la categoría grado 3. Finalmente, los porcentajes de superficie ocupada por la categoría grado 4, relacionados con los cultivos en desarrollo vegetativo deficiente y en estado defoliado, representan el 1% en la superficie total de la parcela y un 4% de superficie en copa.

Tabla 3. Superficies obtenidas por grados de afección.

GRADO AFECCIÓN	SUPERFICIE AFECCIÓN (m ²)	SUPERFICIE (%)	SUPERFICIE DE COPA (%)
Grado 1	492.682,64	12,00	48,21
Grado 2	295.427,38	7,19	28,91
Grado 3	192.866,84	4,70	18,87
Grado 4	41.038,29	1,00	4,02
Suelo	3.084.204,84	75,11	0,00
Total	4.106.219,98	100,00	100,00

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La disponibilidad de imágenes de alta resolución resulta imprescindible para el desarrollo de este tipo de trabajos, tanto para la clasificación del estado de afección individualizado por árbol, como para la correcta segmentación de la línea de suelo de la del cultivo de cítricos.

La clasificación de las clases de grado 1 y grado 4 se realizó de manera satisfactoria. Se encontraron más dificultades en la diferenciación de los cultivos pertenecientes a las clases de grado 2 y 3, debido a la alta heterogeneidad de los cítricos con respecto a los daños sufridos. Por lo que, en trabajos posteriores, sería conveniente segmentar en más categorías estos rangos.

Para concluir, y atendiendo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que la utilización de imágenes de alta resolución pueden ser de gran utilidad en la discriminación de áreas de cultivo afectadas por la falta de recursos hídricos.

Este trabajo se ha realizado dentro de las actividades del proyecto Precirieg, enmarcado en el Programa Europeo de cooperación interregional SUDOE, en colaboración con Agroseguro.

BIBLIOGRAFÍA

- CHARTUNI, E., CARVALHO, F de A., MARCAL, D. y RUZ, E. (2007): *Agricultura de precisión: Nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuario*.
- CHUVIECO, E. (1996): *Fundamentos de teledetección espacial*. 3ª edición revisada. Madrid.
- SPERANZA, F. C. y ZERDA, H. R. (2005). "Clasificación digital de coberturas vegetales a partir de datos satelitales multiespectrales." *Boletín de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Córdoba. Argentina.
- DI GREGORIO, A. y JANSEN, L.J.M. (2000). *Land cover classification system (LCCS), classification concepts and user manual*, FAO, Roma.