

MEJORA DE LA FIABILIDAD EN LA IDENTIFICACIÓN DEL OLIVAR UTILIZANDO UN MODELO GEOMÉTRICO DE REFLECTANCIA

C. PINILLA (*), F. J. ARIZA (*), M. SÁNCHEZ (***) y J. TOVAR (***)

cpinilla@ujaen.es

(*) Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica. Virgen de la Cabeza, 2. 23071 - Jaén.

(**) Dpto. Ing. Gráfica e Ing. y Sistemas de Inf. Cartográfica. Avda. Menéndez Pidal s/n. 14080 - Córdoba.

(***) Dpto. Física. Avda. Madrid, 35. 23071 - Jaén

RESUMEN: Las clasificaciones de ocupación de suelo en las que interviene de forma significativa el olivar producen una tasa de error muy alta debido, por un lado, a la cobertura parcial del suelo por parte del arbolado, y por otro, a la variación de esa misma cobertura con factores como el marco de plantación, la orientación relativa de la superficie con relación a la posición del sensor y la posición relativa de la zona observada con relación al nadir de la escena. El objetivo de este trabajo es aportar un procedimiento de corrección radiométrica de cara a mejorar la identificación de este tipo de superficies a partir mediante imágenes adquiridas por sensores multispectrales.

ABSTRACT: Digital image classifications of predominant olive tree land covers give high error levels due to several reasons: the partial soil cover by the trees, variations of the cover degree with the spatial inter tree frames, the variations in relative positions between the observed plot, the scene nadir and the remote sensor. The aim of this work is to show a new radiometric correction procedure to improve the identification of olive tree crops when using multispectral images.

Palabras clave: clasificación, modelo geométrico de reflectancia vegetalización, normalización.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Strahler *et al* (1986), una parcela de olivar puede considerarse como un sistema formado por elementos discretos de una sola clase (olivos) dispuestos sobre un fondo (suelo). Introduciendo las propuestas de Goel (1988) y de Gilabert (1990) puede distinguirse entre material vegetal y zonas de suelo iluminadas y en sombra.

Considerando el sistema como lineal, la reflectancia compuesta ρ es igual a la suma de las reflectancias de sus componentes, ponderadas por la proporción superficial con la que contribuyen:

$$\rho = f_a \rho_a + f_s \rho_s + f_{s'} \rho_{s'} \quad (1)$$

donde ρ es la reflectancia, los subíndices a , s y s' se refieren a árbol, suelo iluminado y suelo sombreado respectivamente, y f la proporción de cada uno de estos componentes, debiéndose cumplir siempre que

$$\sum_i f_i = 1$$

Dado que $\rho_s = \rho_{s'}$, la expresión (1) también se puede poner (Pinilla, 2000):

$$\rho = f_a \rho_a + f_s \rho_s + w f_s \rho_s \quad (2)$$

siendo el factor de radiación difusa w :

$$w = \frac{E_s}{E_s} = \frac{L_s}{L_s} \quad (3)$$

por lo que puede concluirse que

$$\rho_a = X \rho + V \rho_s \quad (4)$$

donde V es el factor de vegetalización ($V = D - X$), X es el factor de exposición del suelo y D es el factor de iluminación directa, siendo sus expresiones:

$$D = 1 + \frac{1-w}{\eta'} 6,54 e^{-0,0454\eta} \quad (5)$$

La ecuación de vegetalización (4) permite obtener valores de reflectancia exclusivamente vegetal a partir de las lecturas de reflectancia de la imagen y de fracciones de suelo desnudo, con el conocimiento de los parámetros X y D .

La proporción de suelo cubierto eficazmente por vegetación f_a coincide con el factor de cobertura aparente C_a , cuya expresión es:

$$C_a = \eta \cdot C_o \quad (6)$$

siendo C_o el factor de cobertura ortogonal y η el factor orientación relativa de la celda con respecto al sensor (Pinilla *et al.*, 2000):

que depende de la pendiente del terreno (α), la orientación (κ), la inclinación de la órbita del satélite (μ), el tamaño de la celda en el terreno (p), las coordenadas imagen de la celda (c, l), la dimensión de la imagen completa ($M \times N$), el offset inicial de la imagen (O) y la altura del satélite (H):

$$\eta = \frac{\sqrt{\text{sen}^2 \alpha \cdot \cos^2 (\kappa - \mu) + \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{-O/l + \frac{M+O}{2} - c}{\frac{p}{N}} \right) - \arctg [\text{tg} \alpha \cdot \text{sen} (\kappa - \mu)] \right]}$$

(7)

Por su parte, la fracción de suelo sombreado puede simplificarse a:

$$f_s = 6,54 C_o e^{-0,0454\xi} \quad (8)$$

siendo ξ la elevación solar.

INFORMACIÓN Y MÉTODOS

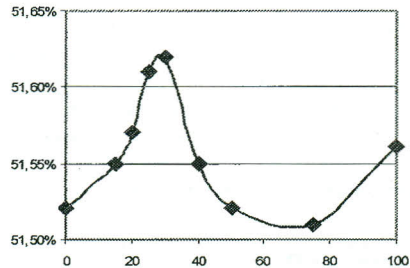
En el presente trabajo, se utilizó una imagen Landsat TM centrada en la comarca de Sierra Mágina, en la provincia de Jaén, en la que se estudió de forma particular la cobertura de olivar. El factor w se calculó para cada banda utilizando los valores promedios de radiancia de zonas de suelo desnudo soleado y en sombra respectivamente. La selección de estas zonas se hizo a partir de su identificación en un diagrama de dispersión IRp/R. Se calculó el coeficiente X y se generaron las imágenes D y V . Con ello se generaron distintas imágenes multispectrales p_a de reflectancia exclusivamente vegetal para coberturas de olivar del 15, 20, 25, 30, 40, 50, 75 y 100%.

Con las imágenes de reflectancia exclusivamente vegetal se realizaron tandas de clasificación digital por el procedimiento de máxima verosimilitud utilizando como leyenda y verdad terreno diferentes grados de agregación de las clases de olivar frente a las clases de no olivar. La verificación se llevó a cabo exhaustivamente utilizando como verdad terreno información catastral digital, que establece para el olivar una serie de categorías que, en este trabajo se han agrupado en las clases O1 hasta O5, en orden decreciente de vigor y cobertura.

RESULTADOS

En general, y para la zona de estudio, se obtienen mejores acuerdos cuando en el entrenamiento se utiliza un menor número de clases. De este modo, los estadísticos Porcentaje de acuerdo (Pa) y Kappa de la clasificación dicotómica [Olivar-No Olivar] son siempre superior a los obtenidos con la clasificación en cinco clases de olivar y éstos superiores a los correspondientes a siete clases de olivar más desagregadas. De otra parte, cuando el clasificador trabaja con clases agrupadas previamente, los resultados son mejores (mayor Pa y Kappa) que los obtenidos al agregar las clases tras la clasificación compactando la matriz de confusión. Esto se debe particularmente a los errores de omisión, cuya disminución es más notable que el incremento que sufren los de comisión.

Pa



Kappa

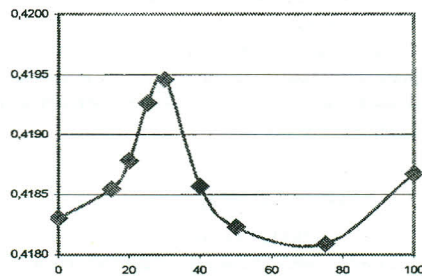


Figura 1. Comportamiento del porcentaje de acuerdo y Kappa de las clasificaciones frente al porcentaje de cobertura ortogonal.

Como el peso de las clases consideradas por su presencia dentro de la escena es muy diferente, se procedió a normalizar las matrices de confusión (Ariza, 2000). En los resultados obtenidos puede observarse cómo los índices de calidad globales apuntan un máximo relativo en torno a la cobertura del 30%, que puede ser considerada como representativa de la zona (figura 1). Por su parte, para cada valor de cobertura estimada la exactitud de clase tienden a descender a partir de un determinado valor de C_o , salvo para las clases O1 y No Olivar, que muestran una tendencia clara a crecer.

Pudo comprobarse que la corrección por vegetalización solamente beneficia a determinadas clases, en concreto a la O2 y O5, si se compara con las exactitudes logradas clasificando la imagen de reflectancia sin corregir. Que no sean beneficiadas las clases O1 y O4 no es de gran importancia, pues son poco representativas en cuanto a número de celdas y cual-

quier alteración geométrica de la imagen puede suponer un fracaso inmediato en la clasificación. Sin embargo, la clase O3 es numerosa, por lo que no debería, en principio ser afectada por esa incertidumbre. Puede comprobarse que entre las confusiones detectadas en las matrices normalizadas, tiene gran relevancia las existentes entre las clases O2 y O3. Si además se observan los índices de vegetación de ambas clases, también tienen mayor grado de similitud que con el resto. Por esto, se decidió fusionar en una sola categoría las clases O2 y O3 desde el principio del proceso de entrenamiento, clasificándose de este modo la escena en base a cinco categorías: O1, O2+3, O4, O5 y No Olivar. Los resultados obtenidos se presentan gráficamente en las figuras 1 y 2. En ellas puede verse cómo mejora significativamente la exactitud para la nueva clase de olivar producto de la fusión de las antiguas O2 y O3, es decir, coincidiendo prácticamente con el olivar de regadío, pues como ha quedado dicho, la clase O1 tiene muy poca presencia en la imagen. Además sigue registrándose el máximo relativo de la exactitud en torno a un porcentaje de cobertura ortogonal estimado del 20%, que coincide con el real.

El olivar de secano, representado mayoritariamente por la clase O5 también presenta un incremento en la exactitud al aplicar la corrección por vegetalización, aunque en este caso el máximo no queda tan bien establecido como en el caso anterior, sino que se encuentra distribuido dentro de un mayor margen de porcentajes de cobertura, probablemente siguiendo la pauta real de las plantaciones de la zona.

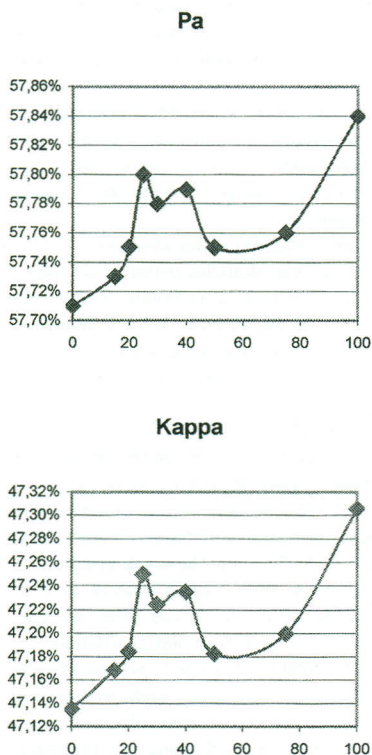


Figura 2. Comportamiento del porcentaje de acuerdo y Kappa de las clasificaciones en cuatro categorías de olivar frente al porcentaje de cobertura.

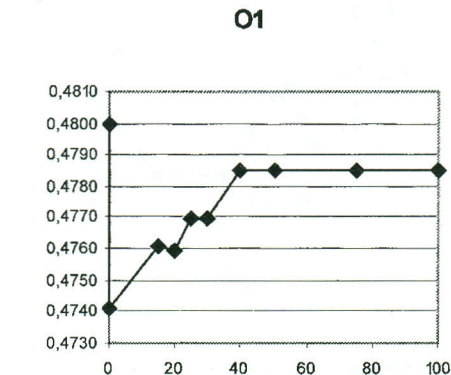
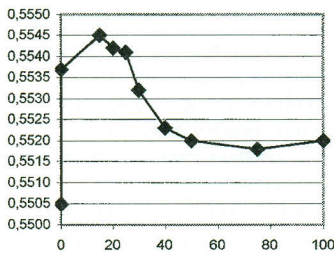


Figura 3. Comportamiento de la exactitud de cada clase en la clasificación con cuatro categorías de olivar frente al porcentaje de cobertura ortogonal.

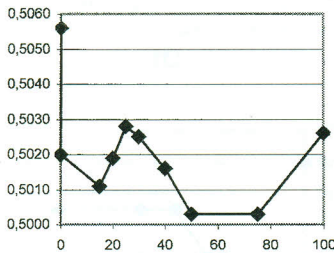
En cuanto a los índices globales de calidad, tanto el porcentaje de acuerdo como el coeficiente Kappa mues-

tran una mejoría en torno a coberturas comprendidas entre el 20 y el 40%. Ello da a entender que, a falta de datos precisos de una determinada zona de olivar, la corrección por vegetalización adoptando una cobertura estimada del 30% ofrece resultados satisfactorios y asegura un mejor acuerdo en las clasificaciones supervisadas de olivar, especialmente cuando se trata de identificar las zonas de olivar en regadío. El incremento en ambos índices para factores de cobertura muy altos probablemente viene determinado por la influencia que sigue teniendo la porción de imagen ocupada por superficie de No Olivar, incluso después de someter las matrices de confusión a la normalización.

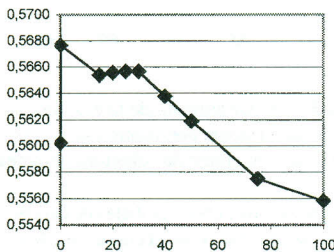
O2+3



O4



O5



No Olivar

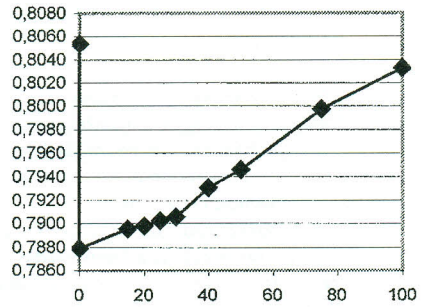


Figura 3. Continuación.

CONCLUSIONES

La corrección radiométrica por vegetalización supone un avance con respecto a la corrección topográfica. Sin embargo, el estudio comparativo de los resultados exige normalizar las matrices de confusión, para hacer comparativos los valores de cada posición de dicha matriz. Utilizando un porcentaje de cobertura promedio para la zona de estudio se obtiene una mejoría significativa en la identificación de olivares en regadío y en secano, si bien no es posible por el momento desagregar más estas categorías.

La normalización de las matrices de confusión de las clasificaciones digitales permiten comparar los resultados posibilitando la confrontación de distintos procedimientos de clasificación. Además tienen la ventaja añadida de proporcionar un solo tipo de error para cada clase, igualando los errores de omisión y de comisión.

BIBLIOGRAFÍA

STRAHLER, A.H. *ET AL.* 1986. On the nature of models in remote sensing. *R. S. Env.* 20:121-139.

GOEL, N.S. 1988. Models. of veg. canopy refl. and their use in estimation of biophysical param. from reflect. data. *R. S. Rev.*, 4-I. Harwood. Londres.

GILBERT, M.A. 1990. *Caract. radiom. en el intervalo solar, de cultivos de cítricos. Mod. Geom de reflect.* Tesis Doctoral. Universitat de Valencia.

PINILLA, C. 2000. *Estudio de la problemática de la caracterización del olivar mediante sensores remotos.* Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.

PINILLA, C., ARIZA, F.J. y SÁNCHEZ, M. 2000. Radiometric characterisation of the olive tree crops. *R. S. in the 21st Cent.* Bakelma. Rotterdam

ARIZA, F.J. 2000. *Calidad en la Producción Cartográfica.* Universidad de Jaén. Jaén.