

Mejora de la fiabilidad en la identificación del olivar utilizando un modelo geométrico de reflectancia

C. Pinilla¹, F.J. Ariza¹, M. Sánchez² y J. Tovar³.

Correo electrónico: cpinilla@ujaen.es

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica. Universidad de Jaén.

² Departamento de Ingeniería Gráfica e Ingeniería y Sist. de Inf. Cartográfica. Universidad de Córdoba.

³ Departamento de Física. Universidad de 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 dependiente de 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 de imágenes adquiridas por sensores multispectrales.

PALABRAS CLAVE: clasificación, modelo geométrico de reflectancia vegetalización, normalización, verdear.

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 rate 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.

KEY WORDS: classification, reflectance geometric model, green-becoming, normalization.

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, 1989) y de Gilabert (1990), tanto dentro del material vegetal como del suelo, puede distinguirse entre zonas iluminadas y en sombra. En este tipo de superficies, la radiancia resultante depende tanto de la naturaleza del suelo subyacente, como de la geometría del cultivo y de la observación (Huete *et al.* 1985; Iaquina y Fouilloux, 1998).

Considerando las funciones de conversión entre radiancia y reflectancia (Steinwand y Wivell, 1993; Space Imaging EOSAT, 1998) y admitiendo la linealidad del sistema, la reflectancia compuesta ρ es igual a la suma de las reflectancias de sus componentes, ponderadas por la proporción superficial

con la que contribuyen (Baret, 1995; García-Haro, 1996):

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

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 :

$$w = \frac{E_{s'}}{E_s} = \frac{L_{s'}}{L_s} \quad (3)$$

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):

$$\eta = \frac{\sqrt{\sin^2 \alpha \cos^2 (\kappa - \mu) + \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha \cos \left[\arctg \left(p \frac{-O l + \frac{M+O}{2} - c}{H} \right) - \arctg [\operatorname{tg} \alpha \operatorname{sen} (\kappa - \mu)] \right]} \quad (7)$$

η' es el factor acotado de orientación relativa de la celda con respecto al sensor y su expresión es:

$$\eta' = \begin{cases} \eta & \forall \eta' < C_a / C_o \\ C_a / C_o & \forall \eta' \geq C_a / C_o \end{cases}$$

A la vista de los modelos sugeridos por otros autores para cubiertas forestales y/o agrícolas (Li y Strahler, 1985; Chen y Leblanc, 1997) se utilizó un modelo de copa esférico para el olivo, para el cual, la fracción de sombra que queda visible al sensor es:

$$S' = \pi \frac{r^2}{\operatorname{sen} \zeta} - S = \frac{\pi r^2}{2} \left[\frac{1 - \operatorname{sen} \zeta}{\operatorname{sen} \zeta} \right] + \frac{r^2 (1 + \operatorname{sen} \zeta)}{\operatorname{sen} \zeta} \left[\arcsen \frac{\cos \zeta}{1 + \operatorname{sen} \zeta} + \frac{\operatorname{sen} \zeta \cos \zeta}{(1 + \operatorname{sen} \zeta)^2} \sqrt{\frac{2(1 + \operatorname{sen} \zeta)}{\operatorname{sen} \zeta}} \right]$$

siendo ζ la elevación solar. La fracción de suelo sombreado completa puede simplificarse con una alto grado de ajuste ($r^2=0,99$) a la expresión

$$f_{s'} = 6,54 C_o e^{-0,0454 \zeta} \quad (8)$$

En definitiva, 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:

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

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 .

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. Tras someterla a la corrección atmosférica clásica (Chavez, 1988; Kaufman, 1989) se calculó el factor w para cada banda utilizando los valores promedios de radiancia de zonas de suelo desnudo soleado y en sombra respectivamente (Stoner y Baumgardner, 1981; Baumgardner *et al.*, 1985; Irons *et al.*, 1989). La selección de estas zonas se hizo a partir de su identificación en un diagrama de dispersión IRp/R (Pinilla, 1999). Se calculó el coeficiente X y se generaron las imágenes D y V . Con ello se generaron distintas imágenes multiespectrales ρ_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 (Pinilla, 1995) utilizando como leyenda y como verdad terreno diferentes grados de agregación de las clases de olivar frente a las clases de no olivar.

El mismo procedimiento se aplicó a la imagen corregida radiométricamente del efecto topográfico a partir de modelos de Minnaert (Minnaert, 1941; García *et al.*, 1996) a fin de comparar los resultados de la corrección propuesta con los métodos clásicos.

La verificación se llevó a cabo exhaustivamente en todas las celdas de la imagen, utilizando como verdad terreno información catastral digital, que establece para el olivar una serie de categorías de acuerdo a su productividad (Alcázar, 2000). En este trabajo se partió de la clasificación catastral organizada en torno a tres clases de olivar de regadío y cuatro de olivar de secano. Posteriormente se agruparon las tres últimas clases de olivar de secano, obteniéndose cinco clases que se denominaron O1 hasta O5, en orden decreciente de vigor y cobertura.

RESULTADOS

En general, para la zona de estudio, se obtienen mejores acuerdos cuando en el entrenamiento se utiliza un menor número de clases. Se calcularon los estadísticos Porcentaje de acuerdo (Pa) y Kappa de la clasificación dicotómica [Olivar-No Olivar] (Cohen, 1960; Landis y Hoch, 1977; Hudson y Ramn, 1987) y se comprobó que sus valores son siempre superiores 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 para ello 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.

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 (Hardin, 1997; Congalton *et al.*; 1999; 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 exactitudes 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.

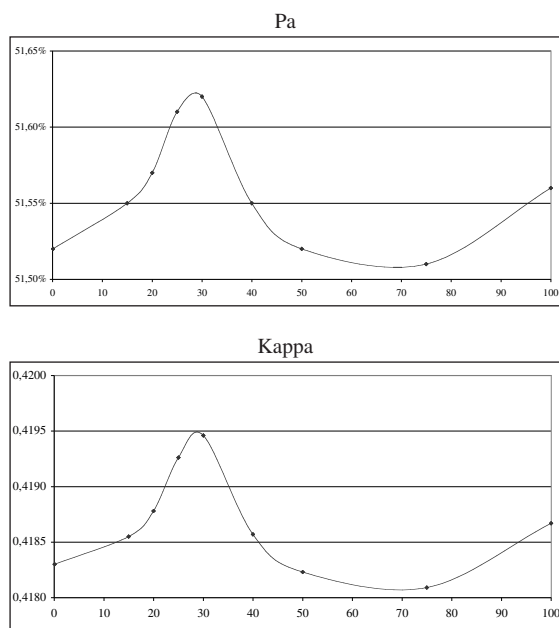


Figura 1. Comportamiento del porcentaje de acuerdo y Kappa de las clasificaciones frente al porcentaje de cobertura ortogonal.

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 eran poco representativas en cuanto a número de

celdas y cualquier alteración geométrica de la imagen podría 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. Al estudiar también los índices de vegetación de ambas clases, se observaba que tenían 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 2 y 3. 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.

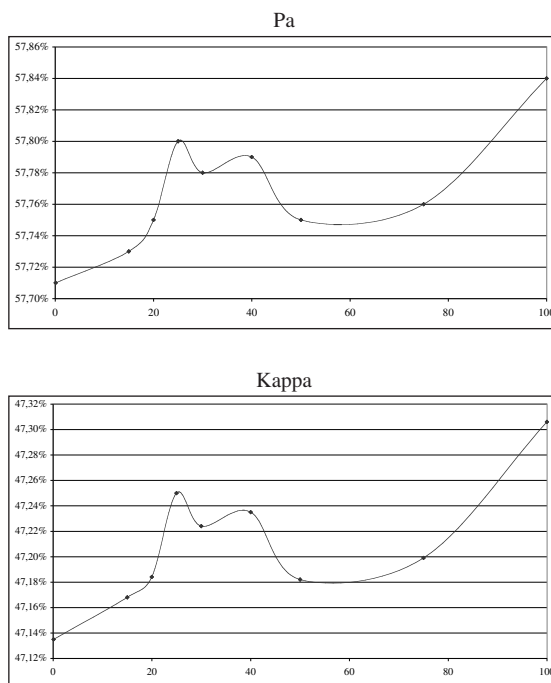


Figura 2. Comportamiento del porcentaje de acuerdo y Kappa de las clasificaciones en cuatro categorías de olivar frente al porcentaje de cobertura.

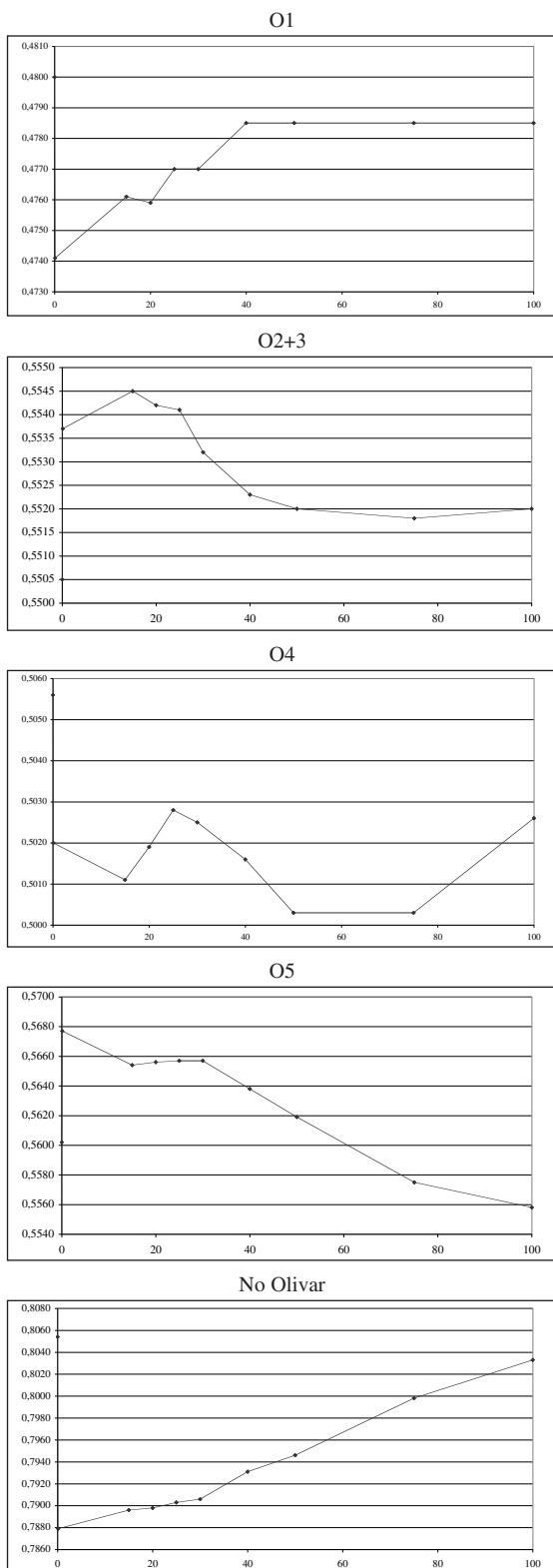


Figura 3. Comportamiento de la exactitud de cada clase en la clasificación con cuatro categorías de olivar frente al porcentaje de cobertura ortogonal.

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.

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

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, a partir de imágenes Landsat 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

ALCÁZAR, M. 2000. *Propuesta metodológica para la elaboración de la normativa técnica de valoración, estudios de mercado y ponencias de valores catastrales de los bienes de naturaleza rústica*. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén.

- ARIZA, F. J. 2000. *Calidad en la Producción Cartográfica*. Universidad de Jaén. Jaén.
- ARIZA, F. J. Y PINILLA, C. 2000. Las componentes de la calidad del dato geográfico. *Mapping*, Vol. 61: 12-30.
- BARET, F. 1995. Use of spectral reflectance variation to retrieve canopy biophysical characteristics. *Advances in Environmental Remote Sensing*. Ed. Danson, F.M. and Plummer, S.E. John Wiley & Sons. Chichester.
- BAUMGARDNER, M. F. ET AL. 1985. Reflectance properties of soils en *Adv. Agron.* 38.
- CHAVEZ, P. S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*. 24:459-479.
- CHEN, J. M. AND LEBLANC, S. G. 1997. A four-scale bidirectional reflectance model based on canopy architecture. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol 35, nº 5.
- COHEN, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Education and psychological measurement*. XX (1)
- CONGALTON, R. G. AND GREEN, K. 1999. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Lewis Publishers. London.
- GARCÍA, E. HERNÁNDEZ, R. Y PÉREZ, I. 1996. Corrección del efecto topográfico en imágenes Landsat-TM. *Cuadernos del Centro de Estudios Ambientales*. Centro de Estudios Ambientales. Vitoria-Gasteiz.
- GARCÍA-HARO, F. J., GILABERT, M. A. Y MELIÁ, J. 1996. Algunas consideraciones derivadas de la simulación de la reflectividad en escenas con vegetación dispersa. *Revista de Teledetección*. 7:5-19.
- GILABERT, M. A. 1990. *Caracterización radiométrica en el intervalo solar, de cultivos de cítricos. Modelo Geométrico de reflectancia*. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia.
- GOEL, N. S. 1988. Models of vegetation canopy reflectance and their use in estimation of biophysical parameters from reflectance data. *R. S. Rev.* 4-I. Harwood. Londres.
- GOEL, N. S. 1989. Inversion of canopy reflectance for estimation of biophysical parameters from reflectance data. *Theory and Applications of Optical Remote Sensing*. Ed. G. Asrar. John Wiley and Sons. Nueva York.
- HARDIN, P. 1997. Statistical significance and normalized confusion matrices. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol 63, nº 6.
- HUDSON, W. D. Y RAMN, C. W. 1987. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 53:421-422.
- HUETE, A. R., JACKSON, R. D. AND POST, D. F. 1985. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. *Remote Sensing of Environment*. 17:37-53.
- IAQUINTA, J. AND FOUILLOUX, A. 1998. Influence of the heterogeneity and topography of vegetated land surfaces for remote sensing applications. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 19, nº 19. 1711-1723.
- IRONS, J. R. WEISMILLER, R. A. AND PETERSEN, G. W. 1989. Soil Reflectance. *Theory and Applications of Remote Sensing*. Ed. G. Asrar. John Wiley and Sons. Nueva York.
- KAUFMAN, Y. J. 1989. The atmospheric effect on remote sensing and its correction. *Theory and Applications of Optical Remote Sensing*. Ed. Asrar, G. John Wiley and Sons. Nueva York.
- LANDIS, J. R. AND KOCH, G. C. 1977. The measurements of observer agreement of categorical data. *Biometrics*. 33: 159-174.
- LI, X. AND STRAHLER, A. H. 1985. Geometrical-optical modeling of a conifer forest canopy. *IEEE Transactions Geoscience and Remote Sensing*. GE-24.
- MINNAERT, M. 1941. The reciprocity principle in lunar photometry. *Astrophysics Journal*. 93: 403-410. En Woodham y Lee (1985).
- PINILLA, C. 1995. *Elementos de Teledetección*. RaMa. Madrid.
- PINILLA, C. 1999. *Interacciones de la Radiación en Teledetección*. Universidad de Jaén. Jaén.
- 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 DE LA ORDEN, M. 2000. Radiometric characterisation of the olive tree crops. *Remote Sensing in the 21st Century: Economic and Environmental Applications*. Bakelma. Rotterdam. 283-288.
- SPACE IMAGING EOSAT. Abril-1998. Digital Number (DN) to radiance conversion procedures. http://www.spaceimage.com/home/pubs/tech_papers/radiance.html.
- STEINWAND, D. R. AND WIVELL, C. E. 1993. Landsat Thematic Mapper Terrain Corrections in LAS. *Memorandum interno de Hughes STX Corporation*. Hughes Aircraft Company.
- STONER, E. R. AND BAUMGARDNER, M. F. 1981. Characteristic Variations in Reflectance of Surface Soils. *Soil Science Society of America Journal*. Vol 45, núm 6.
- STRAHLER, A. H. *et al.* 1986. On the nature of models in remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 20:121-139.

NOTICIAS

RESUMEN DEL LIBRO: TELEDETECCIÓN, MEDIO AMBIENTE Y CAMBIO GLOBAL

Una publicación que recoge los trabajos presentados al “IX Congreso Nacional de Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global”, celebrado en Lleida del 19 al 21 de septiembre de 2001. Los trabajos presentados tratan de resaltar el papel de la teledetección como herramienta de análisis del medio ambiente y su utilidad en la predicción del posible impacto de los cambios producidos a diferentes escalas. Esta temática general se desarrolla en diferentes campos de aplicación de la Teledetección: Agricultura, Bosques, Cartografía, Divulgación, Edafología, Formación, Fotogrametría, Geología, Incendios Forestales, Medio Ambiente, Meteorología, Metodología, Oceanografía, Recursos Hídricos, Recursos Marinos y Sistemas de Información Geográfica. Se introduce, también, una sección específica dedicada al Análisis de Cambios, en la cual se recogen trabajos dedicados al desarrollo de métodos para el seguimiento y control de la deforestación, de zonas susceptibles a procesos de degradación, o la predicción de la evolución de la vegetación a partir del análisis de imágenes, entre otros. Por último se incluyen una serie de trabajos (Sesiones Técnicas) con el objeto de profundizar en algunos temas de interés general para toda comunidad científica.

ÍNDICE

El libro está estructurado en diferentes secciones, que recoge los diferentes campos de actuación de la teledetección como técnica aplicada.

1. El programa ESA para la observación de la Tierra en el nuevo milenio
2. Agricultura
3. Análisis de cambios
4. Bosques
5. Fotogrametría, cartografía y SIG
6. Incendios forestales
7. Medio ambiente, recursos hídricos, edafología y geología
8. Meteorología
9. Metodología
10. Divulgación y formación
11. Oceanografía y recursos marinos
12. Sesiones técnicas
 - * Proyecto EUFAR-Aeronaves de investigación ambiental
 - * SIG y Teledetección en el CREAM-UAB
 - * La ocupación del suelo “Corine Land-Cover”
 - * Catálogo “on line” de imágenes de Tragsatec
 - * Control de expedientes de regadío por teledetección
 - * Aplicaciones de la tecnología INSAR a la cartografía

El libro incluye 24 páginas con figuras e ilustraciones en color.

La publicación ha sido coordinada por Joan I. Rosell Urrutia y Jose A. Martínez-Casasnovas, profesores del Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universidad de Lleida.

ISBN: 84-9743-001-8

Deposito legal: L-898-2001

Edita: Universidad de Lleida y Editorial Milenio

PRECIO Y FORMA DE PAGO

5.000 PTA (30.10 Euros) + gastos de envío

Forma de pago: Transferencia bancaria a la recepción del libro (número de cuenta estará indicado en la factura del libro).

Datos necesarios para adquisición del libro

Nombre de la empresa/institución/persona particular que adquiere el/los libro/s

Dirección completa

NIF

Persona a la que tiene que ir dirigida el envío

Las solicitudes pueden hacerse por correo electrónico, teléfono o fax:

j.martinez@macs.udl.es

aet2001@macs.udl.es

Tel. 973702615

Fax. 973702613