

Clasificación de una zona agrícola utilizando imágenes Landsat-5 TM

A. GILABERT y J. MELIA

RESUMEN

Se ha realizado un estudio de una zona de uso agrícola a través de dos imágenes Landsat-5 TM que nos dan información de dos periodos del ciclo vegetativo de los cultivos de la misma. El análisis de la respuesta espectral de los distintos tipos de uso de suelo que alternan en dicha zona pone de manifiesto que, con vistas a su clasificación, es aconsejable el estudio multi-temporal y la aplicación de técnicas que aumenten el contraste de las imágenes como 'componentes principales'.

1.- INTRODUCCION.

El desarrollo de la teledetección y de su aplicación a la medida de magnitudes de interés agronómico se fundamenta en una correcta descripción de la interacción de la radiación solar con la vegetación. Esta descripción se puede llevar a cabo mediante el análisis de la reflectividad de la cobertura vegetal, magnitud que está relacionada con las medidas de radiancia obtenidas desde satélite.

Para unas condiciones dadas de la radiación incidente y de la observación, la reflectividad de un cultivo depende de la distribución espacial y angular de los distintos componentes de la cobertura y de las propiedades ópticas de estos componentes [1],[2], y del suelo [3]. Por otra parte, estos factores evolucionan con el tiempo [4], por lo que se puede concluir que la reflectividad de un cultivo dependerá, además del tipo y variedad de la planta, del estado fenológico de la misma. Es esta especificidad de la interacción de la radiación solar con la vegetación la que permitirá el reconocimiento de cultivos a través de su signatura espectral[5].

En este trabajo se aborda el estudio de una zona de uso agrícola con vistas a su clasificación en distintas clases espectrales, que se correspondan con los tipos de uso de suelo que alternan en ella, y que sea aplicable a la confección de inventarios agrarios. La clasificación se efectuará en base al análisis de las signaturas espectrales de una serie de parcelas patrón representativas de las clases.

2.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.

2.1.- Descripción de la zona de estudio.

La zona de estudio, de uso agrícola preferentemente, engloba una superficie de unos 60 km² situada, casi toda ella, en la Comarca de la Ribera Baixa (Valencia).

Como principales características de dicha zona se pueden destacar dos:

1) Gran heterogeneidad de tipos de uso de suelo:

- urbano (poblaciones de Al-mussafes, Benifaió y Sollana)

- no urbano:

- cultivado: cítricos de edades variadas, arrozales, diversos cultivos herbáceos e invernaderos.

- no cultivado: autopista A-7 Valencia-Alicante, varios caminos vecinales y parcelas exentas de vegetación.

2) Alto grado de parcelación: la mayoría de las parcelas no llegan a la hectárea de superficie.

A los efectos de nuestro estudio las clases espectrales de interés que definiremos serán las siguientes: ARROZ; URBANA, compuesta por los núcleos urbanos además de por los caminos y carreteras; CITRICOS, que comprenderá plantaciones jóvenes y adultas de este cultivo; HERBACEOS, la cual agrupa a los distintos cultivos herbáceos, independientemente de su variedad y del grado de cobertura del suelo; e INVERNADEROS.

2.2.- Imágenes utilizadas.

Se han analizado dos imágenes del sensor Thematic Mapper (TM), sensor diseñado especialmente para mejorar la caracterización espectral de la vegetación, que opera a bordo del satélite de recursos naturales Landsat-5 y que, en principio, parece apropiado para las características de nuestra zona por:

- su resolución espacial (30m),

- su resolución radiométrica (256 niveles),

- su resolución espectral: la información se distribuye a lo largo de una amplia zona del espectro electromagnético, incorporando una banda en el infrarrojo próximo (TM5: 1,55-1,75 μm), sensible al contenido en agua de las plantas, que otros sensores como el MSS (anterior al TM) y el SPOT (posterior) no llevan. Esta banda viene siendo utilizada con éxito en clasificaciones de cultivos juntamente con las TM3 (0,63-0,69 μm) y TM4 (0,76-0,90 μm) [6],[7],[8].

Dichas imágenes, que nos dan información de los cultivos de la zona en dos periodos muy distintos de su ciclo vegetativo, fueron tomadas por el sensor TM a las 10 horas de los días:

- * 1 de Junio de 1984

- * 11 de Enero de 1985.

A estas imágenes se les ha realizado una corrección geométrica para lograr su máxima superposición (de una respecto a otra).

2.3.-Parcelas patrón.

La selección e identificación de *parcelas patrón* (training areas),

representativas de los distintos tipos de uso de suelo y que servirán, posteriormente, para establecer la signatura espectral característica de los mismos, se ha llevado a cabo analizando conjuntamente imágenes en falso color, fotografías aéreas y datos de la *verdad terreno* de la zona de estudio.

Las imágenes en falso color de ambas fechas se prestan a una buena interpretación visual, mostrando distintas tonalidades en el color según el grado de cobertura del suelo.

En la figura 1 se muestra una fotografía de la imagen en falso color de Junio, construida a partir de las tres primeras Componentes Principales calculadas para la misma (apartado 2.4). Se observa en la parte derecha y en tonos verdosos la zona arrocera. Los núcleos urbanos, las edificaciones dispersas, los invernaderos, la autopista (que cruza la zona de norte a sur) y caminos vecinales importantes o carreteras aparecen claramente diferenciados del resto en tono amarillo-blanco brillante. En tono amarillo-marrón se nos muestran los distintos cultivos herbáceos, con mayor o menor intensidad en el color y, finalmente, observamos la superficie dedicada al cultivo de naranjos en tonos azulados, muy diferenciada de las superficies anteriores.

En la tabla 1 se da una relación de las parcelas patrón seleccionadas, así como de sus características más representativas. Se observa un número mayor de parcelas de cítricos y herbáceos debido a que son las clases más heterogéneas: cítricos de diversas

edades y herbáceos de muchos tipos y de ciclos vegetativos variados.

Tabla 1.- Parcelas patrón representativas de las distintas clases espectrales que alternan en las zona de estudio.

CODIGO PARCELA	TIPO DE USO DE SUELO
A.1	ARROZ
A.2	ARROZ
U.3	URBANO
U.4	URBANO
C.5	CITRICO ADULTO
C.6	CITRICO ADULTO
C.7	CITRICO JOVEN
C.8	CITRICO JOVEN
C.9	CITRICO ADULTO
C.10	CITRICO ADULTO
C.11	CITRICO ADULTO
H.12	HERBACEO
H.13	HERBACEO
H.14	HERBACEO
H.15	HERBACEO
H.16	HERBACEO
H.17	HERBACEO
I.18	INVERNADERO
I.19	INVERNADERO
I.20	INVERNADERO

A cada una de las parcelas patrón se le asignará una respuesta espectral igual al valor medio de la de todos los pixels que contiene (exceptuando los de borde). Como error de la medida anterior se tomará su desviación típica.

Las medidas se expresan directamente en cuentas digitales (digital counts, DC) por simplicidad de cálculo ya que su conversión a valores de reflectividad no es necesaria a efectos de la clasificación de una misma imagen de los diferentes tipos de uso de suelo.

ENERO

JUNIO

A U CJ CA H I

A U CJ CA H I

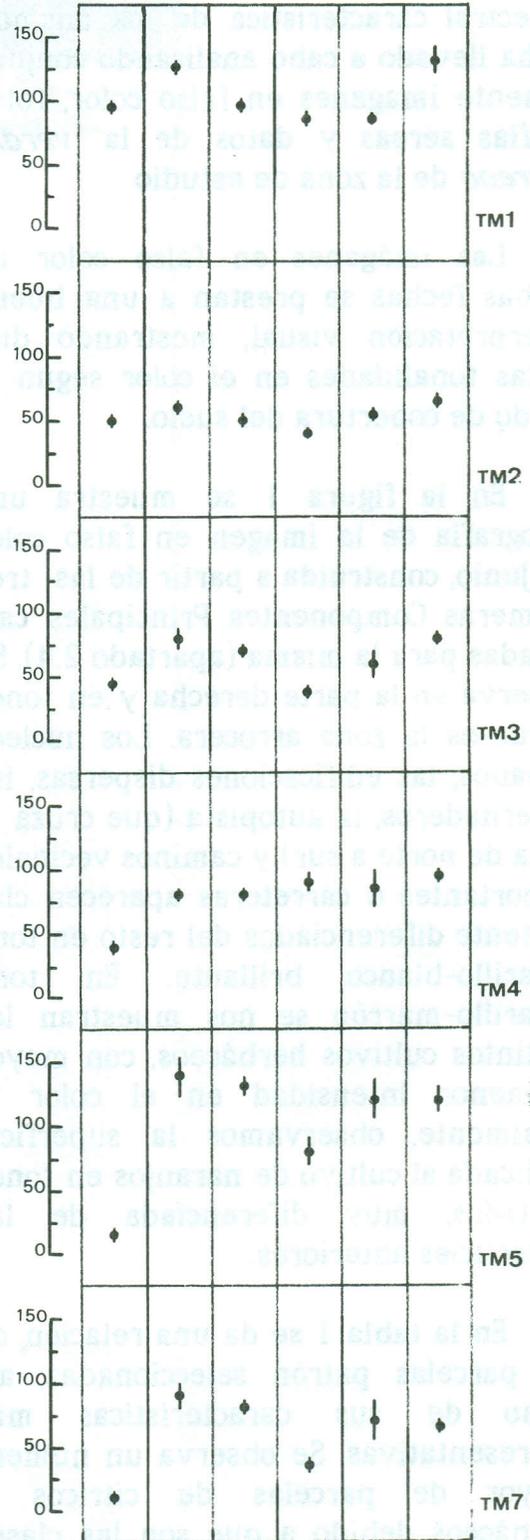
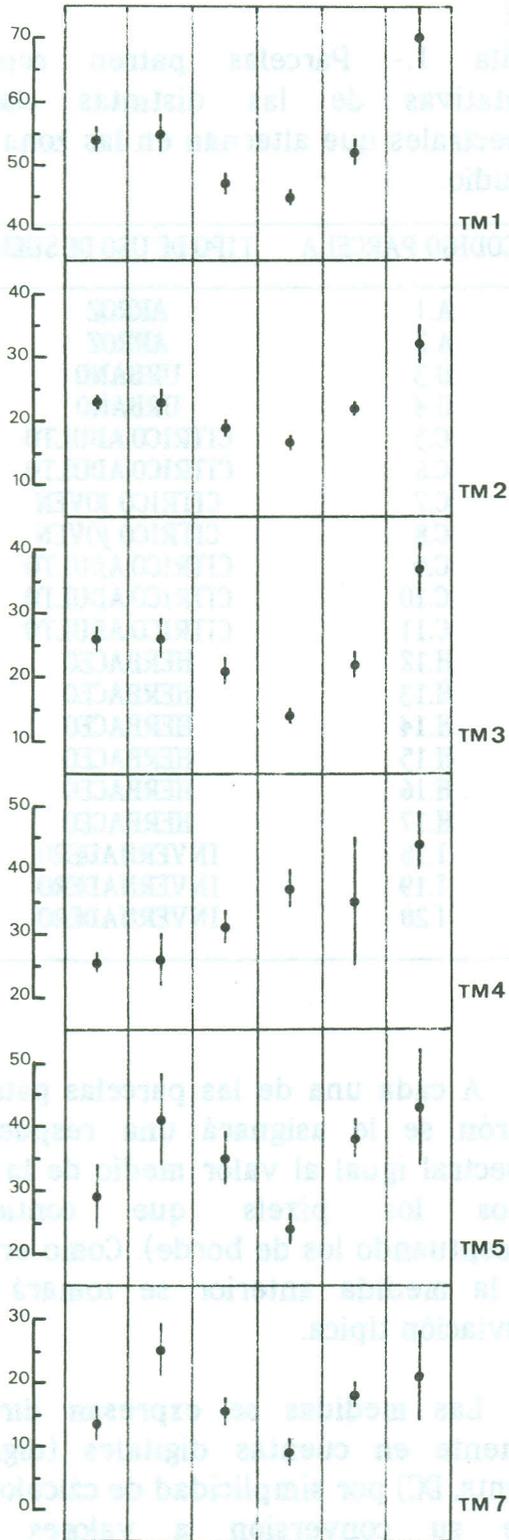


Figura 2.- Valor medio y desviación típica de la respuesta espectral (DC) de los tipos de uso de suelo estudiados en todas las bandas espectrales del sensor TM analizadas en las dos fechas.

3.- ANALISIS DE LAS IMAGENES.

3.1.- Signatura espectral de las parcelas patrón en invierno (Enero) y en primavera (Junio).

En la figura 2 se da la respuesta espectral, en DC, de las parcelas patrón en cada una de las dos fechas. Del análisis de la misma se concluye lo siguiente:

ARROZ.- En Enero la superficie arroceras no está cultivada y, por tanto, muestra un comportamiento parecido al suelo desnudo o urbano en las bandas TM1, TM2, TM3 y TM4 y parecido a algunos cultivos hortícolas recién plantados en las bandas TM4, TM5 y TM7. En general, el comportamiento espectral del suelo dedicado al cultivo del arroz está muy entremezclado con el de otras superficies de la zona. En Junio la respuesta espectral del arroz -debida principalmente a la contribución del agua- es, normalmente, más baja que la del resto de las parcelas patrón. En concreto, esto se hace más acusado en TM5 y TM7.

ZONA URBANA.- En Enero tiene comportamiento análogo al de otras clases espectrales, excepto en TM7 donde es sensiblemente mayor. En Junio, se confunde con el resto de los tipos de superficies que alternan en la zona de estudio.

CITRICOS.- En el mes de Enero, en la banda TM3 principalmente y en las TM5 y TM7, alcanzan valores más bajos que otras clases espectrales, si bien llega casi a confundirse con el arroz en TM5 y TM7. En el mes de Junio continúan presentando respuesta más

baja en TM3. Todo esto sólo es válido para cítricos adultos, que apenas dejan visible ninguna porción de suelo. En cuanto a lo que respecta a las plantaciones jóvenes, su respuesta espectral presenta valores muy semejantes a la de los cultivos herbáceos.

CULTIVOS HERBACEOS.- En el mes de Enero su respuesta espectral se solapa con la del resto de parcelas, con excepción de algunas parcelas de cebollas (13 y 17) que en TM4 alcanzan valores ligeramente mayores. En el mes de Junio el grado de confusión es muy alto, debido a que muchas de las parcelas patrón presentan el suelo desnudo de vegetación.

INVERNADEROS.- En las dos fechas presentan valores más altos que los de otras parcelas en las bandas visibles, siendo en la imagen del mes de Enero donde más se acentúan dichas diferencias.

Cabe resaltar, pues, el alto grado de confusión entre las distintas superficies como consecuencia del solapamiento que tiene lugar entre las respuestas espectrales de las mismas.

3.2.- Análisis de Componentes Principales de las dos imágenes.

Con objeto de realzar más los contrastes entre los distintos tipos de uso de suelo, se procede a efectuar un tratamiento digital de las imágenes basado en la técnica de Análisis de Componentes Principales.

De este modo se produce un reparto de la información que contenían

las seis bandas iniciales de forma que, prácticamente, toda ella queda encerrada en las tres primeras componentes. Mediante esta técnica se consiguen, así, preferentemente dos cosas [9]:

(i) Imágenes mucho más contrastadas que las iniciales, útiles a

efectos de realizar clasificaciones [10] y de construir composiciones coloreadas aptas para mejorar la fotointerpretación [11].

(ii) Reducción del volumen de datos a tratar sin pérdida significativa de la información [12].

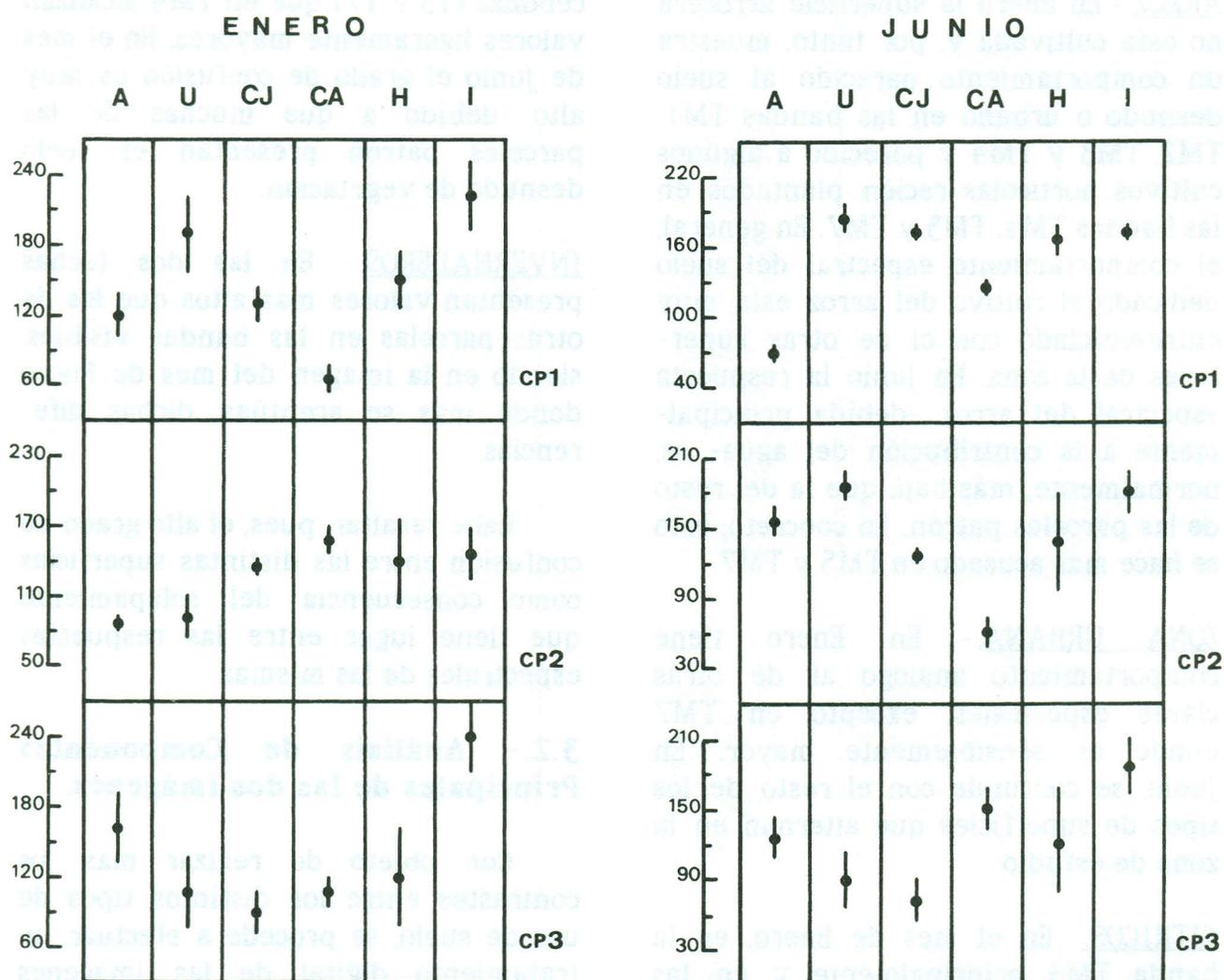


Figura 3.- Valor medio y desviación típica de la respuesta espectral (DC) característica de las clases espectrales en estudio en las tres primeras Componentes Principales de las imágenes de Enero y Junio.

Los valores obtenidos al medir la respuesta espectral de nuestras parcelas patrón en las imágenes correpondientes a las tres primeras Componentes Principales, CP1, CP2 y CP3, (que, en nuestro caso, contienen el 95% de la información total disponible) de las dos fechas se representan en la figura 3.

En la figura 3 se observa que, efectivamente, ha tenido lugar un aumento de contraste, en las imágenes, entre las diversas clases espectrales:

ARROZ.- En Enero, la respuesta espectral del arroz se continua solapando con la del resto de las clases espectrales, en las tres componentes de la imagen. En la CP1 de Junio, sin embargo, el arroz muestra una respuesta espectral muy contrastada con respecto a la de otras clases. esto también ocurría en las bandas TM5 y TM7 del mismo mes, pero mientras que allí el error relativo de las medidas era superior al 35%, ahora es menor del 10%. Esto significa que el grado de confusión con otras clases será menor, puesto que disminuye la probabilidad de superposición con las mismas.

ZONA URBANA.- En los dos meses su respuesta continua solapándose, parcialmente, con la de otras clases espectrales.

CITRICOS.- En la CP1 de Enero y en la CP2 de Junio, los cítricos adultos presentan valores más bajos que los otros tipos de uso de suelo. Por el contrario, la respuesta espectral de las plantaciones jóvenes alcanza valores muy similares a los de los cultivos herbáceos.

CULTIVOS HERBACEOS.- Por lo general, y en las tres componentes de las dos fechas, muestran un comportamiento espectral que se solapa notablemente con el de otras clases espectrales, principalmente con cítricos jóvenes, zona urbana e invernaderos.

INVERNADEROS.- En las componentes 1 y 3 de Enero alcanzan valores más altos que el resto de las parcelas; en Junio su respuesta aparece más entremezclada con las mismas, en las tres componentes.

4.- RESULTADOS. Clasificación de la zona de estudio.

El análisis de los valores que se proporcionan en la figura 3 será muy útil para proceder, en este apartado, a la clasificación de la zona de estudio:

- La CP1 de Junio será apta para clasificar el arroz. Se ha construido una *máscara* (máscara A), utilizando el histograma de la imagen que muestra dos distribuciones claramente diferenciadas, tal que cuando multiplicamos cualquier imagen por ella elimina la zona arrocera.

- La diferencia normalizada de las componentes CP2 y CP3 de Enero:

$$(CP3 - CP2) / (CP3 + CP2)$$

con la máscara A superpuesta da lugar a una imagen en la que, prácticamente, todo es nulo excepto las zonas que corresponden a núcleos urbanos, caminos, edificaciones dispersas e invernaderos. Se ha utilizado para contruir una máscara (máscara U) que elimina de cualquier imagen dichas zonas, asignándoles valores nulos.

• Superponiendo ambas máscaras a la CP1 de Enero se elimina el arroz, la zona urbana, caminos e invernaderos. En la figura 3-ENERO se observa que la diferenciación entre cítricos adultos y herbáceos ya se puede efectuar, una vez se han eliminado las zonas de confusión anteriores que presentaban una respuesta espectral intermedia.

Evidentemente y, tal como se observa en la figura 3, las parcelas de cítricos jóvenes (C.7) y (C.8) quedarán clasificadas como herbáceos puesto que su grado de cobertura vegetal no es lo suficientemente elevado como para que alcancen la respuesta espectral característica de los cítricos en esta fecha.

En la figura 4 se da el resultado de la clasificación efectuada en la zona siguiendo el procedimiento experimental que acabamos de describir.

A continuación se da la matriz de confusiones de la clasificación efectuada. La verificación de dicha clasificación se ha realizado mediante una serie de "parcelas test", diferentes de las parcelas patrón, viendo cómo han quedado clasificados sus pixels. El número total de pixels evaluados en cada clase espectral no ha sido, en ningún caso, inferior a ciento cincuenta. Se observan valores muy altos en la diagonal que indican un alto grado de pixels bien clasificados. Esto en consecuencia del bajo número de clases espectrales que estamos considerando. Los resultados cambiarían mucho si se quisiera subdividir estas clases en más (por ejemplo: tipos de herbáceos, etc).

MATRIZ DE CONFUSIONES

%	C	H	U	A
C	92.8	6.6	0.6	0.0
H	3.7	88.5	7.5	0.3
U	1.1	4.2	94.7	0.0
A	0.0	0.0	0.0	100.0

Donde se ha utilizado la nomenclatura: C=CITRICOS, H=CULTIVOS HERBACEOS, U=URBANA+CAMINOS +INVERNADEROS y A=ARROZ.

5- CONCLUSIONES.

1.- Debido a la variabilidad de la signatura espectral de las parcelas de herbáceos y de arroz según la época del año es conveniente utilizar dos imágenes, como mínimo, de dos épocas temporales diferentes para efectuar una clasificación de la zona.

2.- Parece necesaria la utilización de técnicas de aumento de contraste en las imágenes -como índices de vegetación- como etapa previa a la clasificación de las mismas.

3.- Si bien la clasificación entre cítricos y herbáceos es satisfactoria, existe un pequeño grado de incertidumbre como consecuencia de que las plantaciones de cítricos jóvenes no quedan clasificadas en la clase espectral correspondiente a los cítricos. Es necesario seguir trabajando en este problema con objeto de lograr su

diferenciación de los herbáceos para que queden incluidos en una clase espectral con identidad propia.

6.- BIBLIOGRAFIA.

- [1] J.E. COLWELL, 1974. Vegetation canopy reflectance, *Remote Sensing of Environment*, 3:175-183.
- [2] G. FRAYSSE (ed.), 1980. *Remote Sensing applications in Agriculture and Hidrology*, A.A. Balkema, Rotterdam, 53-68.
- [3] A.R. HUETE, R.D. JACKSON & POST, 1985. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds, *Remote Sensing of Environment*, 17:37-53.
- [4] H. SMITH (Ed), 1981. *Plants and the Daylight spectrum*, Academic Press, 65-99.
- [5] P.N. SLATER, 1980. *Remote sensing, optics and optical systems*, Addison-Wesley.
- [6] V.L. WILLIAMS, W.R. PHIPILSON & W.D. PHILPOT, 1986. Vegetable crop inventory with TM data, *Proc. ACMS-ASPRS Convection*, Washington, DC, March 16-21, 5:290-296.
- [7] V.L. WILLIAMS, W.R. PHIPILSON & W.D. PHILPOT, 1987. Identifying vegetable crops with Landsat Thematic Mapper data, *Photogram. Engineering and Remote Sensing*, 53(2):187-191.
- [8] B. LACAZE & R. JOFFRE, 1987. Caractérisation de formations végétales méditerranées à partir de données 'Thematic Mapper'. Un étude de cas en Andalousie (Espagne). *Int. J. Remote Sensing*, 8(9): 1319-1333.
- [9] P.H. SWAIN & S.M. DAVIS (ed.), 1978. *Remote Sensing. The quantitative approach* Mc Graw-Hill.
- [10] A. SANTISTEBAN & L. MUÑOZ, 1978. Principal Components of a multi-spectral image: application to a geological problem, *IBM J. Res. Develop.*, 22(5): 39-49.
- [11] M.A. SPANNER, J.A. BRASS & D.L. PETERSON, 1984. Feature selection and the information content of TM simulator data for forest structural assesment, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* GE-22(6): 482-489.
- [12] P.S. CHAVEZ. G.L. BERLIN & L.B. SOWERS, 1982. Statistical method for selecting Landsat MSS ratios. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 8(1): 23-30.
- Este trabajo ha sido subvencionado, en parte, por el Proyecto nº A-172/87 de la CAICYT y por la Conselleria d'Agricultura i Pesca de la Generalitat Valènciana.*



Ver Foto color n.º 23 en página 371

Figura 1.- Falso color de la imagen de Junio construido a partir de las tres primeras componentes principales de la misma.



Ver Foto color n.º 24 en página 371

Figura 4.- Resultado de la clasificación efectuada a la zona de estudio. La asignación de colores responde al siguiente criterio:

- negro.....zona urbana, caminos e invernaderos
- verde.....herbáceos con grado de cobertura bajo
- morado.....herbáceos con grado de cobertura mayor
- rojo.....cítricos
- azul celeste.....arroz