

## CAMBIOS EN CULTIVOS TRADICIONALES MEDITERRÁNEOS MEDIANTE EL USO DE IMÁGENES LANDSAT TM

P. FLORES.

Servicio de Información Ambiental. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.

### RESUMEN

Perfiles espectrales han sido dibujados sobre un par de imágenes Landsat TM, datadas en 1985 y 1987, abarcando una zona del SE de la isla de Mallorca, España, con el objetivo de detectar el algarrobo (*Ceratonia siliqua*) y controlar su arranque.

Curvas de reflectancia derivadas de lecturas radiométricas efectuadas sobre los árboles, el suelo desnudo, matorral, etc. se correlacionaron con los valores digitales de los perfiles.

El análisis temporal permitió detectar un importante proceso de arranque de algarrobos y pinos, así como cambios en los usos del suelo en tanto que del análisis espacial se dedujo la contribución de las diferentes variables ambientales a la reflectancia del píxel.

### ABSTRACT

Profiles have been drawn in a set of two Landsat images dated from 1985 and 1988, setting an area in the SE of Mallorca Island, Spain, with the aim of detecting the algarrobo tree and control its removal.

Reflectance curves derived from radiometric reading taking on the trees themselves, bare soil, garrigue, etc. were correlated to the digital numbers in the profiles.

From the temporal analysis it was detected an important process of removal of algarrobos and pines, and also changes in the landuse, while with the spatial analysis it was obtained the contribution of the different environmental variables to the reflectance of the pixel.

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente comunicación constituye un resumen de una línea de investigación comenzada por Carmen Navarro en 1989 (Navarro, 1989) y que pretendía calibrar las posibilidades del TM para discriminar cultivos de árboles en el medio mediterráneo.

La zona de trabajo está situada en el SE de la isla de Mallorca, en torno a dos municipios, Campos, alejado de la costa unos 15 kms y Ses Salines, a escasos kms de la misma (2,5 kms).

Diversos procesos digitales fueron aplicados e incluso intentos de clasificaciones se llevaron a cabo sin mucho éxito. No obstante se puede observar cómo a partir del trazado de perfiles espectrales sobre distintas parcelas de árboles había un tipo de árbol, el algarrobo, especialmente reflectivo, sobre todo en la banda 5 del TM.

Así pues, este fue el punto de partida para otro trabajo de investigación cuyo objetivo era detectar el algarrobo haciendo uso de esta técnica y por otra parte, comparando los perfiles de dos años (1985 y 1988), controlar su arranque.

## 2. TRABAJO DE CAMPO

Durante la realización del trabajo de campo se observó que las parcelas de algarrobo puro seleccionadas cerca de la costa presentaban caracteres diferentes en cuanto a espaciado entre árboles, altura de los mismos, tamaño y configura-

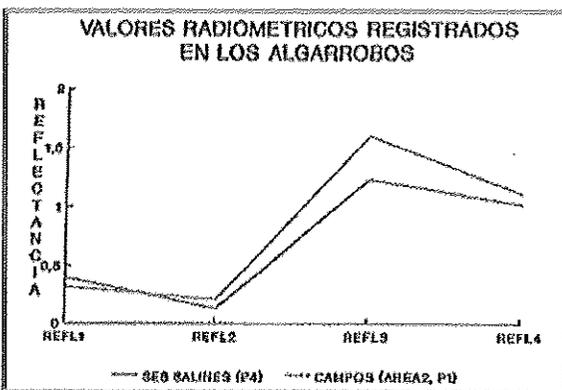


Figura 1.

ción de las copas, tamaño del tronco, etc. con respecto a las parcelas del interior. Asimismo el tipo de suelo y de variables ambientales diferían entre una zona y otra. Así pues, se observó que los árboles en Ses Salines, eran de porte más menudo y su espaciado era bastante menor y más regular que los algarrobos de Campos, acaso debido a que la sal los prevenía de un desarrollo más vigoroso.

Alternativamente a esta serie de mediciones sobre las parcelas, que fueron a posteriori de gran utilidad para situarlas en las imágenes, se tomaron lecturas radiométricas en am-

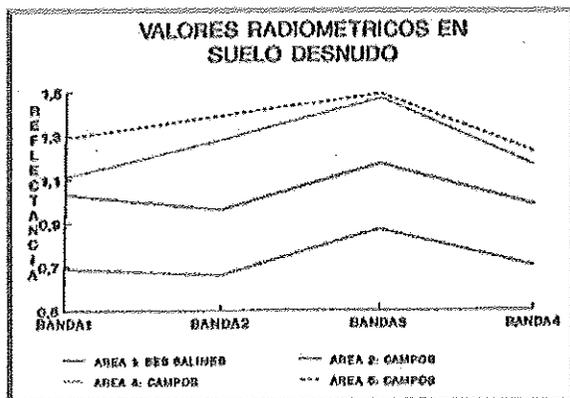


Figura 2.

bas zonas de trabajo (Figuras 3 y 4).

El modelo de radiómetro utilizado fue un MILTON MULTI-BAND RADIOMETER compuesto por cuatro bandas espectrales localizadas entre los  $0,4 \mu\text{m}$  y  $1,75 \mu\text{m}$ , repartidos entre las bandas verde ( $0,4 \mu\text{m} - 0,6 \mu\text{m}$ ), roja ( $0,6 \mu\text{m} - 0,75 \mu\text{m}$ ), infrarrojo cercano ( $0,75 \mu\text{m} - 1,1 \mu\text{m}$ ) e infrarrojo medio ( $1,1 \mu\text{m} - 1,75 \mu\text{m}$ ).

El cómputo total de series absolutas fueron reducidos a valores medios y algunas muestras han sido representadas en las figuras 1, 2, 3 y 4 cuyo comentario es el que sigue.

El comportamiento de las curvas de reflectancia para los ALGARROBOS se muestra en la figura 1. La vegetación tiene una reflectividad relativamente baja en el espacio visible del espectro electromagnético mientras que el cercano infrarrojo muestra una respuesta más elevada. En la parte visible la vegetación más sana tiene una respuesta más baja en el azul y el rojo y algo más alta en la banda verde: ello es debido al contenido de clorofila. En el infrarrojo cercano la reflectancia de la vegetación es considerablemente más alta.

Comparando lecturas de CAMPOS y SES SALINES se observa que la reflectancia de la banda verde es mayor que la de la roja en ambas zonas, pero en el infrarrojo la reflectancia de los algarrobos en SES SALINES es considerablemente superior. Esto implica mayor cantidad de clorofila en los árboles de SES SALINES. Esta más alta reflectancia en el infrarrojo de SES SALINES se explica también por las características físicas del propio árbol.

Las curvas de reflectancia referidas a la variable SUELO DESNUDO presentan más uniformidad que aquellas referidas a los árboles (Figura 2). Los valores más altos para las cuatro bandas se han registrado en las áreas 5, 4 y 2 respectivamente. Los valores más bajos se detectaron en todas las parcelas del área 1 (SES SALINES). La mayor reflectancia del SUELO en las parcelas de CAMPOS pone de manifiesto que las condiciones de sequedad en esta zona son mayores ya que la presencia de humedad en el suelo reducirá la reflectancia.

También se observa que la reflectancia de las curvas se incrementan desde el visible al infrarrojo.

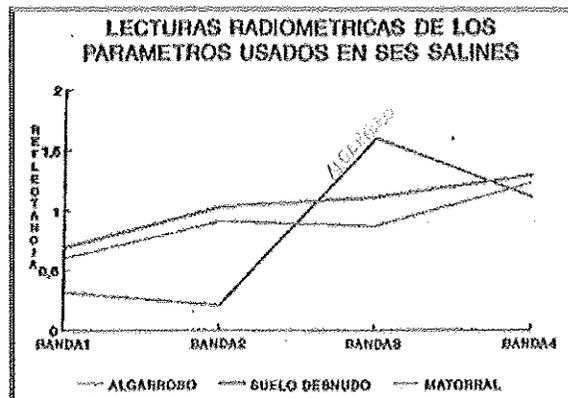


Figura 3.

Cuando se analice la reflectancia de los píxeles a lo largo de los perfiles se comprobará diferencias de respuesta espectral para un mismo tipo de uso, entre diferentes zonas geográficas. Dichas diferencias tendrán que explicarse en relación con la significación de cada componente del suelo al total de reflectancia del píxel.

La media de las medidas de reflectancia de una parcela para todas las variables del medio físico pueden representarse juntas para ver las diferencias en su comportamiento espectral. Tal procedimiento se ha aplicado en las dos parcelas más representativas de los dos ámbitos geográficos (AREA 1: SES SALINES y AREA 2: CAMPOS).

Así pues, en la Figura 3 la ondulante curva de reflectancia del algarrobo contrasta con la uniformidad de las de suelo desnudo y rastrojo. Esta observación confirma la experiencia general de que la reflectancia del suelo será mayor que la de la planta en el espectro visible mientras que en el infrarrojo la reflectancia de la planta prevalecerá. Sin embargo, los resultados derivados de las lecturas en CAMPOS (Figura 4) difieren de la regla común. Los parámetros del suelo, especialmente en el caso del suelo desnudo, tienen valores de reflectancia más altos en el infrarrojo que en los árboles o en la sombra. La distribución normal de reflectancia en la región de infrarrojo sería: los valores más altos para los árboles, seguidos de sombras y los más bajos para el suelo desnudo.

CONCLUSION: La compleja relación causa-efecto que influye en la respuesta de una superficie vegetal es una mezcla de reflectancias de plantas, suelos y sombras.

La importancia de los componentes del suelo para valorar la total reflectancia ha quedado puesta de manifiesto.

Según los resultados, no hay un único componente o combinación de los mismos que pueda en mayor medida contribuir a la respuesta radiométrica. Sin embargo se ha observado una relación entre la significación del suelo en la reflectancia y la LOCALIZACION GEOGRAFICA. Así:

- La importancia en la reflectancia del suelo desnudo es fundamental en CAMPOS, mientras que
- El componente clave en SES SALINES son los algarrobos.

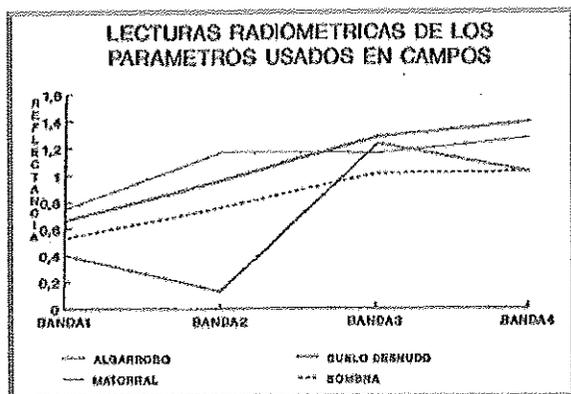


Figura 4.

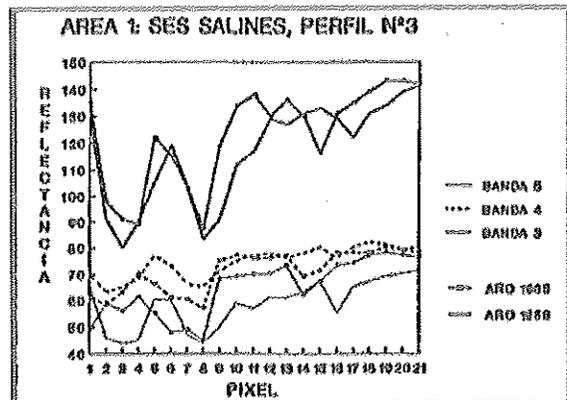


Figura 5.

### 3. TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

El proceso digital de imágenes se ha realizado sobre el sistema R.CHIPS, versión 1.0. Este sistema era el que mejor se adecuaba al propósito de los perfiles ya que permite dibujar perfiles de hasta 8 colores distintos.

Conforme éste se dibuja sobre la imagen engrandecida, un gráfico, conteniendo los valores digitales de cada píxel, se visualiza para cada una de las bandas seleccionadas. Por lo tanto se muestra la diferencia de respuesta espectral para cada superficie en cada banda.

Se usaron las bandas 5, 3 y 4 del Landsat-TM visualizadas con los colores rojo, verde y azul respectivamente. Esta combinación de bandas fueron expandidas convenientemente para mejorar la resolución radiométrica.

El trazado visual de perfiles idénticos se realizó sobre imágenes geoméricamente corregidas de fecha dispar, 1985-1988, lo cual ha permitido detectar cambios en los usos del suelo.

Los objetivos principales que se planteaban eran:

- Localizar las parcelas en la imagen para dibujar los perfiles.
- Comprobar gráficamente si es posible detectar píxeles que contienen algarrobo.
- Comprobar si la reflectancia de un píxel que contiene algarrobo es única en valor, en comparación con otros píxeles y, por tanto, definir un modelo para discriminar píxeles algarrobos.

A continuación se presenta la interpretación de algunos de los perfiles más significativos:

AREA 1: SES SALINES, perfil nº 3 (Figura 5).

Los píxeles de este perfil contienen cierta variedad de usos de suelo: se extiende desde la carretera de SES SALINES, pasando a través de pinos, la P2 de este área, algunos pinos más, la P4, el límite entre la P4 y la P5 y finalmente almendros, en un total de 21 píxeles.

Merece tenerse en cuenta algunos puntos:

- En la banda 5, la reflectancia de los píxeles con algarro-

bos perteneciente a la parcela nº 2 (entre pinos) tienen valores más bajos que los algarrobos de las parcelas 4 y 5, debido a la presencia de vegetación (garriga o pino) en el píxel.

- La presencia de pinos o garriga en los píxeles que contienen algarrobos hace disminuir la reflectancia en la B5.
- Los valores más altos provienen de la P4 en 1985 donde la diferencia respecto a 1988 es bastante significativa. Los valores radiométricos tomados demostraron que la reflectancia de un algarrobo en el área de SES SALINES es muy importante, con lo cual se presume que cualquier tipo de arranque se podría haber llevado a cabo entre 1985 y 1988.

Por consiguiente, algunos algarrobos se pudieron haber arrancado y el suelo quedó desnudo. Los valores de tal suelo desnudo no son muy altos ya que la reflectancia de los valores en este área se comprobó que eran más bajos que la reflectancia de los árboles. Así pues, los árboles arrancados serían aquellos incluidos en los píxeles 9, 10 y 11 en la curva de 1985.

- El análisis de la B5 muestra valores para el almendro más altos que los de los algarrobos para ambos años, mientras que en la B4 esos valores son similares, lo que significaría la misma cantidad de vegetación para las dos especies si la absorción en la B3 para el almendro no fuera tan escasa (en realidad más baja que la de los algarrobos).

Del análisis de este área se deducen los siguientes puntos:

- 1.- Diferencia en reflectancia para la B5 de un píxel en función de la proporción de algarrobos en su composición.
- 2.- Distinción entre píxeles de algarrobos y píxeles de almendros. Comportamiento del almendro respecto del algarrobo:
  - a) Mayor reflectancia del almendro en B5.
  - b) Reflectancia similar en B4.
  - c) Absorción menor del almendro en B3, lo cual indica menor contenido en clorofila del almendro respecto al algarrobo.

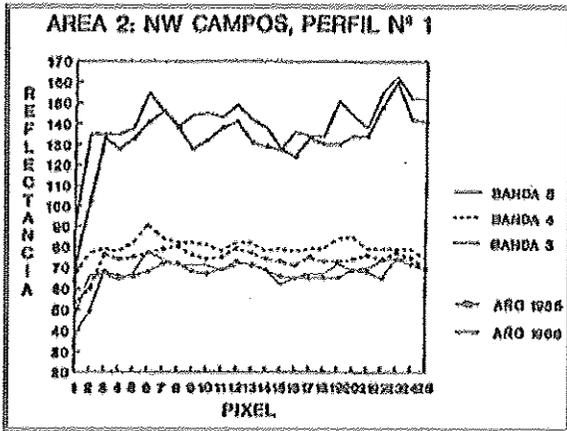


Figura 6.

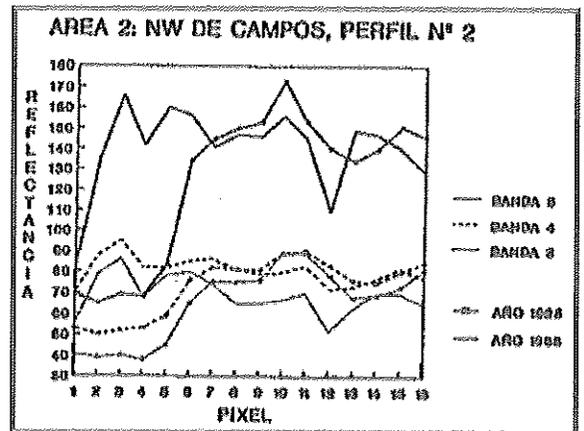


Figura 7.

- 3.- El experimento también se realizó sobre higos y damascos, obteniéndose los mismos resultados.
- 4.- Así pues, un MODELO sobre las posibilidades que tiene el algarrobo para distinguirse de otros cultivos de árboles se ha encontrado, haciendo uso de la técnica de perfiles espectrales.

AREA 2: NW de CAMPOS, perfil nº 1 (Figura 6).

El presente perfil se dibujó a lo largo de la P1 de este área. Dicha parcela se comparó con la P4 del área 1 porque en ambas, las lecturas radiométricas se tomaron sobre el suelo y los algarrobos en sí mismos. El perfil pasa a través del mismo tipo de variables que en el perfil nº 3 del área 1: vegetación en un extremo y algarrobo en el otro. Es interesante notar que el análisis de los dos perfiles podría hacerse de forma paralela.

Así pues, del solapamiento de ambos perfiles se observaría que la respuesta espectral absoluta en las tres bandas son mayores en CAMPOS que en SES SALINES, mientras que se ha podido comprobar con el trabajo de campo que la reflectancia del algarrobo en SES SALINES es más alta que en CAMPOS.

Alternativamente se observó que el resto de los componentes del suelo alcanzan mayores valores en CAMPOS: de ahí la importancia crucial de la participación del suelo desnudo en la reflectancia de un píxel en el área de CAMPOS comparada con la mayor importancia de la participación del algarrobo en la reflectancia de un píxel en el área de SES SALINES.

Por lo tanto, los valores más altos observados en la parcela de CAMPOS se explican en virtud de los componentes del suelo de acuerdo con los resultados radiométricos.

Como consecuencia, la presencia de algarrobos en un píxel de algarrobos del perfil de CAMPOS será menos evidente que lo es en SES SALINES, y la posibilidad de un algarrobo para ser distinguido de otros árboles frutales o de otros

componentes será más fácil de comprobar en el área de SES SALINES.

AREA 2: NW de CAMPOS, perfil nº 2 (Figura 7).

El perfil se ha dibujado sobre una parcela que se visitó durante la estación de trabajo, pero de la que no se tomaron lecturas radiométricas. Sin embargo, se sitúa justo al lado de la P1 de este área, de la que sí se tienen lecturas y las variables medioambientales parecen similares.

Aunque es una parcela pura, la participación de la reflectancia del algarrobo al píxel debe ser incluso más baja que la del perfil nº 1 de este área. Los árboles parecen más pequeños, de figura irregular, la densidad de sus copas más pobres y el espaciado no constante. Además, algunas manchas de garriga reproducen el movimiento descendente de las curvas. En definitiva, los valores altos de reflectancia se deben a la influencia del suelo desnudo.

El contraste tan acentuado entre las curvas de ambos años en los primeros cinco píxeles del perfil se explica en virtud de una situación de CAMBIO, no de algarrobos sino de pinos.

Por lo tanto las ideas más significativas de este área son:

- A) Perfil indicativo de la localización de la masa de algarrobos: generalmente entre pinos.
- B) La importancia de la reflectancia según participación que cada variable tenga en el píxel: cuanto mayor sea la proporción de pinos o garriga, menor será la reflectancia en la B5. Lo ideal habría sido cuantificar los porcentajes de participación de usos por píxel, aplicando métodos de regresión.

AREA 4: NE de CAMPOS, perfil nº 6 (Figura 8).

Este perfil seleccionado es también de gran interés porque muestra el poder de esta técnica para detectar cambios en los usos del suelo.

En 1985 el perfil se extiende desde píxeles con algarrobos,

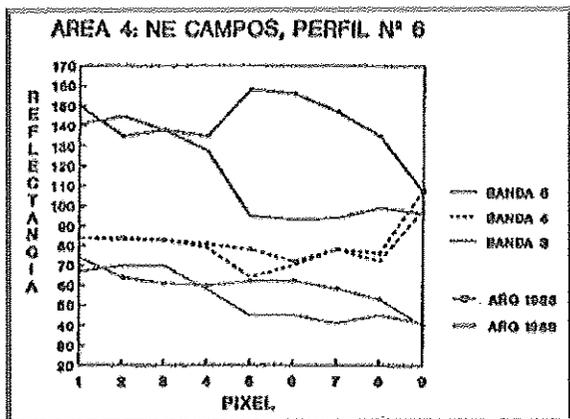


Figura 8.

pasando a través de una parcela con almendros y terminando en un píxel de alfalfa. Se observan varios detalles.

- En la B5, los valores de los almendros son más altos que los de los algarrobos, mientras que estos árboles reflejan su mayor contenido de clorofila en la B4.
- El último píxel de este perfil se identificó en la imagen como alfalfa.
- En 1988 un CAMBIO en el uso del suelo hizo que los almendros se sustituyeran por alfalfa, es decir, que ha habido una extensión de tierras de regadío que afecta a los cultivos de ALMENDROS.

AREA 5: W de CAMPOS, perfil nº 3 (Figura 9).

En los cuatro primeros píxeles de este perfil se observa un claro ejemplo de arranque de pinos si comparamos las curvas de 1985 y 1988 en la B5. Así pues, lo que en 1985 eran píxeles con pinos en 1988 éstos habían sido arrancados, lo cual se traduce en un aumento de la reflectancia para esta banda. A partir de este momento las dos curvas (la de 1985 y 1988) atraviesan dos parcelas de algarrobos hasta que llegan a una carretera contenida en un píxel mixto. Los últimos tres puntos del perfil son higos chumbos.

Independientemente del arranque de pinos, los bajos valores de reflectancia en B5 de los píxeles con algarrobos en la imagen de 1985 comparado con la de 1988 se puede deber al hecho de que contenían más algarrobos en 1985 que en 1988. Así se explica el que la reflectancia de los píxeles con algarrobos en la B4 durante 1985 sea mayor que la de 1988.

La comparación cronológica del comportamiento espectral de este perfil permite observar cambios en los usos del suelo:

- Por una parte el arranque de pinos, como proceso coadyuvante a la recesión del bosque mediterráneo.
- Por otra parte el posible arranque de algunos algarrobos.

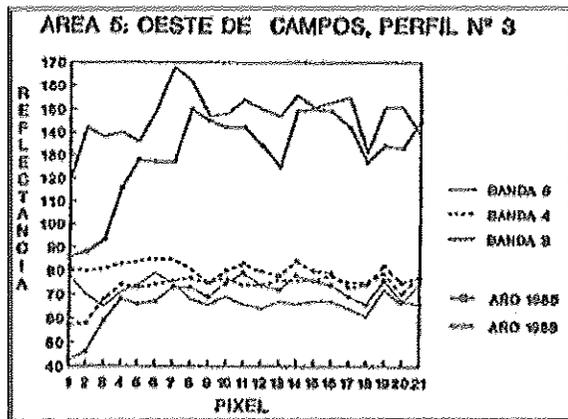


Figura 9.

#### 4. CONCLUSIONES GENERALES

Entre las situaciones de cambio detectadas tras el análisis de los perfiles espectrales se ha podido comprobar:

- procesos de arranque de algarrobo
- procesos de arranque de pinos
- almendros sustituidos por alfalfa

Como consecuencias globales importantes derivadas de la aplicación de la técnica de perfiles espectrales a las imágenes cabe destacar:

- Regresión del bosque mediterráneo.
- Alta proporción de tierras convertidas en suelo desnudo.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ✓ AL ABBUS, A.H.; SWAINS, P.H. & BAUNMAGARDNET M.F.: "Relating organic matter and clay content to the multispectral radiance of soils *Soil Science*, 114, 477, 485.
- ✓ DUGGIN, M.B. & CUNIA, T., (1983): Some reflectance measurements: *Proceeding of the 17th International Symposium on Remote Sensing*. Ann Arbor.
- ✓ EZRA, C.; TINNEY, L.R. & AN BACKSON, R.D., (1984): "Effect of soil background on Vegetation Discrimination using Landsat data; *Remote Sensing of Environment*, 16, 233, 242.
- ✓ FLORES GONZALEZ, P. (1990): "An evolution of the capability of Landsat-TM imagery to reveal the removal of tree crops with particular reference to the algarrobo (*Ceratonia siliqua*), *MSC thesis* submitted September 1990. University of Aberdeen.
- ✓ GORDON, D.I. & PHILIPSON, W., (1986): "A texture enhancement procedure for separating ordard from forest in a Thematic Mapper Data", *International Journal of Remote Sensing*, 7, 301-304.
- ✓ MART, A.; STEPHEN, B. & DAVID R. BUTTER, (1986): "Impact of environmental varinable on spectral signatures asquired by Landsat TM", *International Journal of Remote Sensing*, 7, 1653-67.
- ✓ MILTON, E.J. (1982): "Field measurements of reflectance factor: a futher note", *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 48, 1474-76.
- ✓ MORENO, J.F.; GANDIA, S. & ERLIN, J., (1989): "Making, checking and updating inventaries of citrus crops areas by means of Spot data in the Mediterranean region of Spain, *Remote Sensing for operational applications*, 1sth Annual Conference of Remote Sensing Society, 275.
- ✓ NAVARRO MEZQUITA, C. (1989): "An assessment of the ability of Landsat TM to detect the removal of crop trees in Campos, *MSC. Thesis* submitted September, 1989, University of Aberdeen.