

LOCALIZACION DE LOS USOS DEL SUELO DE LA PLANA DEL ALT EMPORDÀ A TRAVES DE LA TELEDETECCION (1977-1993) (*)

P. Serra ¹

¹Departament de Geografia, UAB. 08193 Bellaterra. E-mail: ilge26@cc.uab.es.

RESUMEN

El análisis de los usos del suelo y su localización, a través de la teledetección, constituye un elemento de primer orden en el estudio de los impactos humanos sobre el medio. La Plana del Alt Empordà (nordeste de Catalunya) presentaba en la década de 1970 un paisaje intensamente humanizado y diversificado fruto de la acción humana en el transcurso de los siglos. El estudio de los usos del suelo, entre 1977 y 1993, nos permite analizar los procesos de cambio recientes en el área de estudio: la intensificación de determinados cultivos y el incremento de la superficie urbana, produciéndose la homogenización y degradación del paisaje.

Palabras clave: usos del suelo, teledetección, paisaje.

ABSTRACT

The analysis of land use and its location, through remote sensing, constitutes an element of first order in the study of human impacts on the environment. The Upper Empordà Plain (northeast of Catalonia) in the decade of 1970 presented a landscape intensely humanized and diversified as a result of the human action in the course of centuries. The study of land use, between 1977 and 1993, allows us to analyze the recent processes of change in the area: intensification of certain crops and increase of the urban surface, producing the homogenization and the degradation of the landscape.

Keywords: land use, remote sensing, landscape.

Introducción

El análisis de las superficies destinadas a los diversos usos del suelo así como su evolución y localización (a través de la teledetección) se configura como una herramienta básica del conocimiento territorial que permitirá una planificación y gestión integral del territorio; muestra de ello son los proyectos *CORINE* (1985) o el Mapa de usos del suelo de Catalunya (1992) del Institut Cartogràfic (ICC).

El objetivo central del estudio es el análisis de las transformaciones de los usos del suelo experimentadas en los últimos años en los ambientes rurales mediterráneos.

* Este trabajo se enmarca en los siguientes proyectos de investigación: "Policy-relevant models of the Natural and Anthropogenic Dynamics of Degradation and Desertification and their spatio-temporal manifestations" (ENV4-CT95-0159) y "Dinámica socioeconómica y cambio en los usos del suelo. Análisis de causas y consecuencias en medios rurales mediterráneos" (AMB97-0740).



El área específica de estudio comprende veintidos municipios que forman la Plana del Alt Empordà (Nordeste de Catalunya) el denominador común de los cuales es que no exceden la curva de nivel de los cien metros (30 171 ha).

Históricamente, la Plana del Alt Empordà ha sufrido unos procesos de cambio comparables a los producidos en muchas regiones del planeta: desecamiento de lagos y lagunas, pérdida de bosques y marismas y incremento de los cultivos.

A mediados de la década de 1970 presentaba un paisaje intensamente humanizado, caracterizado por su fragmentación parcelaria y por la diversidad de cultivos, predominando los herbáceos (trigo, cebada, avena, maíz y alfalfa).

El periodo analizado comprende desde 1977 hasta 1993 debido a la disponibilidad de las imágenes digitales de ambos años.

Objetivos

Los objetivos del estudio son tres:

1. Obtención de dos mapas, uno para 1977 y otro para 1993, a través de la clasificación de las imágenes digitales, según los usos del suelo establecidos previamente.
2. Comparación cuantitativa de los resultados de los dos mapas con los datos estadísticos de las siguientes administraciones: Ministerio de Agricultura (Superficies ocupadas por los cultivos agrícolas, año 1977) y del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP; Superficies de los cultivos agrícolas, año 1993).
3. Sobreposición de los dos mapas para la obtención de la localización de los cambios de los usos del suelo y la comparación de los resultados con los derivados de las estadísticas, anteriormente mencionadas.

Material disponible

Tres imágenes del sensor Multispectral Scanner (MSS):

13/7/1977, 2/6/1978 y 18/9/1978.

Tres imágenes del sensor Thematic Mapper (TM):

16/5/1992, 28/6/1993 y 31/8/1993.

La información adicional analógica disponible para 1977 era:

- Mapa Topográfico Nacional del Instituto Geográfico, 1:25 000
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del MAPA, 1:50 000
- Fotografías aéreas de 1972 (IGN) y de 1977 (CETFA, compañía privada)

Para 1993 la información análogica y digital era:

- Mapa topográfico de la comarca del Alt Empordà (ICC), 1:50000
- Ortofotomapas en color (ICC), 1:25000

Metodología

A continuación se presenta la metodología utilizada, desde la corrección de las imágenes hasta el test de los mapa obtenidos.

1. Correcciones

La imágenes digitales obtenidas estaban corregidas geoméricamente por el Institut Cartogràfic de Catalunya a través del método Palà i Pons (1995). Esta primera corrección permitía la sobreposición de los mapas obtenidos y evitar las distorsiones originadas, entre otras, por el movimiento de la plataforma, por la rotación y curvatura terrestre y por el relieve.

A continuación, se efectuó la corrección radiométrica con el objetivo de disponer de unos valores cercanos a los que obtendríamos en el caso de una recepción perfecta, expresados en reflectancias, debido a la diferente iluminación que recibe cada píxel en función de su posición solar, pendiente (negligible en el área de estudio al ser una planicie) y exposición, a las diferentes condiciones atmosféricas entre fechas y a la diferente calibración de los sensores. La corrección de todos los canales de todas las imágenes se efectuó a través del método Pons y Solé (1994).

2. Análisis y tratamiento de las imágenes

En primer lugar se analizó la matriz de correlaciones de los diversos canales de las imágenes con el objetivo de obtener aquellos menos correlacionados para las combinaciones RGB.

En segundo lugar se efectuaron los índices de vegetación de todas las fechas para discriminar aquellas cubiertas con una respuesta elevada (con biomasa vegetal) y las que tenían una respuesta baja (sin biomasa vegetal).

Un tercer tratamiento fue el Análisis de Componentes Principales para obtener un número de bandas menor sin perder gran parte de la información original, así como para captar los cambios multitemporales entre primavera-verano.

3. Fenología de los cultivos herbáceos

Tal como se ha comentado en la introducción, en el área de estudio predominaban los cultivos herbáceos; este hecho conllevó la necesidad de comprender cual sería, teóricamente, la respuesta radiométrica de los mismos teniendo en cuenta, pues, la fecha de siembra y de recolección, así como las características de las respectivas plantas (tamaño de las hojas, disposición sobre el terreno, etc.). Las conclusiones fueron las siguientes (Pujol, 1985 y MAPA, 1982):

- Los cereales de invierno (trigo, cebada, avena, de secano y de regadío) tendrán, a partir del mes de junio, una respuesta radiométrica baja ya que estarán recolectados.
- Los cereales de verano (trigo, sorgo, de secano y de regadío y el arroz de regadío) tendrán, a partir del mes de junio, una respuesta elevada ya que se han sembrado a partir de abril.
- La alfalfa de secano y de regadío tendrán una respuesta elevada a partir de mayo ya que se siembran a partir de febrero.
- El girasol de secano y de regadío tendrán una respuesta elevada a partir de junio ya que se han sembrado en abril.

4. Clasificación

La fase de clasificación se estableció en cuatro etapas:

4.1. Leyenda

Para 1977, los usos del suelo eran:

- Maíz de secano y de regadío
- Otros herbáceos de regadío (sorgo de secano y de regadío, alfalfa de regadío y otros herbáceos de regadío no incluidos en otros usos)
- Otros herbáceos de secano (todos los cereales de invierno, tanto de secano como de regadío, el barbecho de secano y de regadío y los otros herbáceos de secano no incluidos en otros usos)
- Frutales (de secano y de regadío)
- Olivares (básicamente de secano)
- Viñedos (de secano)
- Prados y pastizales
- Superficie forestal (incluye los matorrales)
- Erial a pastos
- Terreno improductivo (incluye canteras, etc.)

- Superficie no agrícola (edificaciones, carreteras, etc.)
- Ríos y lagos

Para 1993 se establecieron los mismos más:

- Arroz (reintroducido el 1985)
- Girasol de secano y de regadío

4.2. Elección del clasificador

Debido, pues, a las características del área de estudio (fragmentación parcelaria, cambios fenológicos en un corto espacio de tiempo, etc.) se eligió un clasificador mixto: a través de una clasificación no supervisada (algoritmo Isodata) obtener el máximo número de *clusters* discriminables automáticamente y asignarlos a las clases temáticas mediante las áreas de entrenamiento.

4.3. Areas de entrenamiento

Las áreas de entrenamiento se obtuvieron a partir de:

- Trabajo de campo con los ortofotomapas: 16 y 23 de julio y 28 de agosto.
- Combinaciones RGB: 3,2,1 (y ortos), 4,7,1 (TM) y 4,2,1 (MSS)
- Índices de vegetación: en verano (julio de 1977 y agosto de 1993) los valores más elevados se debían a la vegetación de ribera, frutales y maíz, mientras que los negativos y cercanos a 0 se debían al agua, terreno improductivo, superficie no agrícola y otros herbáceos de secano.

4.4. Clasificación

La clasificación se realizó a través de las áreas de entrenamiento (2177 píxeles de 60 x 60 metros de 1977 y 8502 píxeles de 30 x 30 metros de 1993) y los *clusters* (se solicitaron 250 conglomerados resultando 84 para 1977 y 93 para 1993). El programa requería la proporción de la clase temática (áreas de entrenamiento) en relación a la espectral (*clusters*) que fue del 30% mientras que el umbral inverso fue del 1%.

5. Soluciones a las clases problemáticas

Una vez obtenidos los mapas clasificados se observaron dos confusiones significativas: la primera se producía entre la superficie no agrícola y los otros herbáceos de secano. La solución, para 1993, se obtuvo digitalizando las zonas urbanas a partir de los ortofotomapas, enmascarándolas y sumándolas al mapa, asignando el resto a los otros

herbáceos de secano. Para 1977 se multiplicaron los conglomerados asignados a la superficie no agrícola con las zonas urbanas digitalizadas, obteniéndose los píxeles comunes y asignándose el resto a los otros herbáceos de secano.

La segunda confusión importante se observó con los olivares, ya que no se obtenía una clase claramente diferenciada, debido a su disposición distante sobre el terreno. Se solucionó, como en el caso anterior, a partir de la digitalización de los ortofotomapas (1993) y de las fotografías aéreas (1977).

6. Test

A través de áreas de entrenamiento nuevas, consideradas como verdad terreno, se obtuvieron las matrices de confusión. En 1977 el acierto global fue del 87.9%, observándose la mayor confusión entre la superficie forestal (que incluía los matorrales) y los prados y pastizales. En 1993 el acierto global fue del 94.5%, dándose la mayor confusión entre los eriales a pastos y el terreno improductivo.

Resultados 1977

1. Comparación cuantitativa de los resultados obtenidos con los datos estadísticos del Ministerio de Agricultura de 1977

Una vez aglutinados los diversos usos del suelo en una misma tipología, se realizó la comparación cuantitativa (en ha y %) de los resultados del mapa obtenido con las estadísticas. A través de ella se obtuvieron unas sobreestimaciones y unas subestimaciones; las sobreestimaciones más significativas (>50%) se obtuvieron con los prados y pastizales, mientras que las subestimaciones (>50%) con la superficie forestal y el terreno improductivo.

El acierto global de la comparación de ambas fuentes se estableció a partir de la suma en valores absolutos de las diferencias dividido por la superficie total del área de estudio; el resultado obtenido fue del 75.6% de acierto total.

2. Localización de los usos del suelo de 1977

A través del mapa 1 observamos la localización de los usos correspondientes a 1977.

Resultados 1993

1. Comparación cuantitativa de los resultados obtenidos con los datos estadísticos del DARP, 1993

La comparación de los resultados de 1993 se efectuó con la misma metodología que la descrita para 1977. Las sobreestimaciones más importantes se obtuvieron con el arroz y con los prados y pastizales, mientras que las subestimaciones con los ríos y lagos, olivares y superficie no agrícola.

El acierto total obtenido fue superior al de 1977, concretamente del 80%.

2. Localización de los usos del suelo de 1993

A través del mapa 2 observamos la localización de los usos del suelo de 1993.

Cambios de usos del suelo entre 1977 y 1993

Una vez igualada la resolución espacial de ambos mapas (a 30 metros) se efectuó la sobreposición, obteniéndose los cambios de usos del suelo experimentados en el transcurso de 1977 a 1993.

La comparación con las estadísticas, a través de la diferencia en hectáreas de 1993 – 1977, permitió observar los procesos de cambio entre ambos años: disminución de los otros herbáceos de regadío y de secano, olivares y viñedos, prados y pastizales y superficie forestal, junto al incremento del maíz, frutales, eriales y superficie no agrícola y la aparición del arroz y del girasol.

Los procesos de cambio divergentes se obtuvieron con el terreno improductivo, ya que según las estadísticas disminuía mientras que según los mapas aumentaba, y con los ríos y lagos, inversamente, ya que según las estadísticas aumentaban y según los mapas disminuían. La explicación de la diferencia en este último caso se debe a la inclusión en las estadísticas oficiales de los lechos de los ríos aunque estuvieran secos.

Conclusiones

En relación a los cambios de usos del suelo experimentados en la Plana del Alt Empordà las conclusiones son las siguientes:

- Introducción del arroz (1985) y del girasol (localizado en todos los municipios)
- Intensificación del regadío: concretamente del maíz, localizado en el eje Fortià-Cabanes (debido a la canalización del río Muga) y en el sector Armentera-Sant Pere (aumento explotación de los acuíferos) y de los frutales (Sant Pere).
- Consolidación de los otros herbáceos de secano en los municipios alejados de las canalizaciones y de los acuíferos: sector centro-oeste (Borrassà, Vilafant, etc.), sur (Ventalló-Viladamat) y norte (Peralada-Pedret).
- Descenso de los olivares y viñedos.

- Consolidación de la superficie forestal en los sectores más elevados (Borrassà, Ventalló, Viladamat y Peralada) disminuyendo en el resto de municipios.
- Disminución de los prados y pastizales en detrimento de los cultivos.
- Consolidación de la superficie urbana de Figueres (eje C260), Empuriabrava y zona costera de Sant Pere y l'Escala (cámpings) en detrimento de los cultivos.

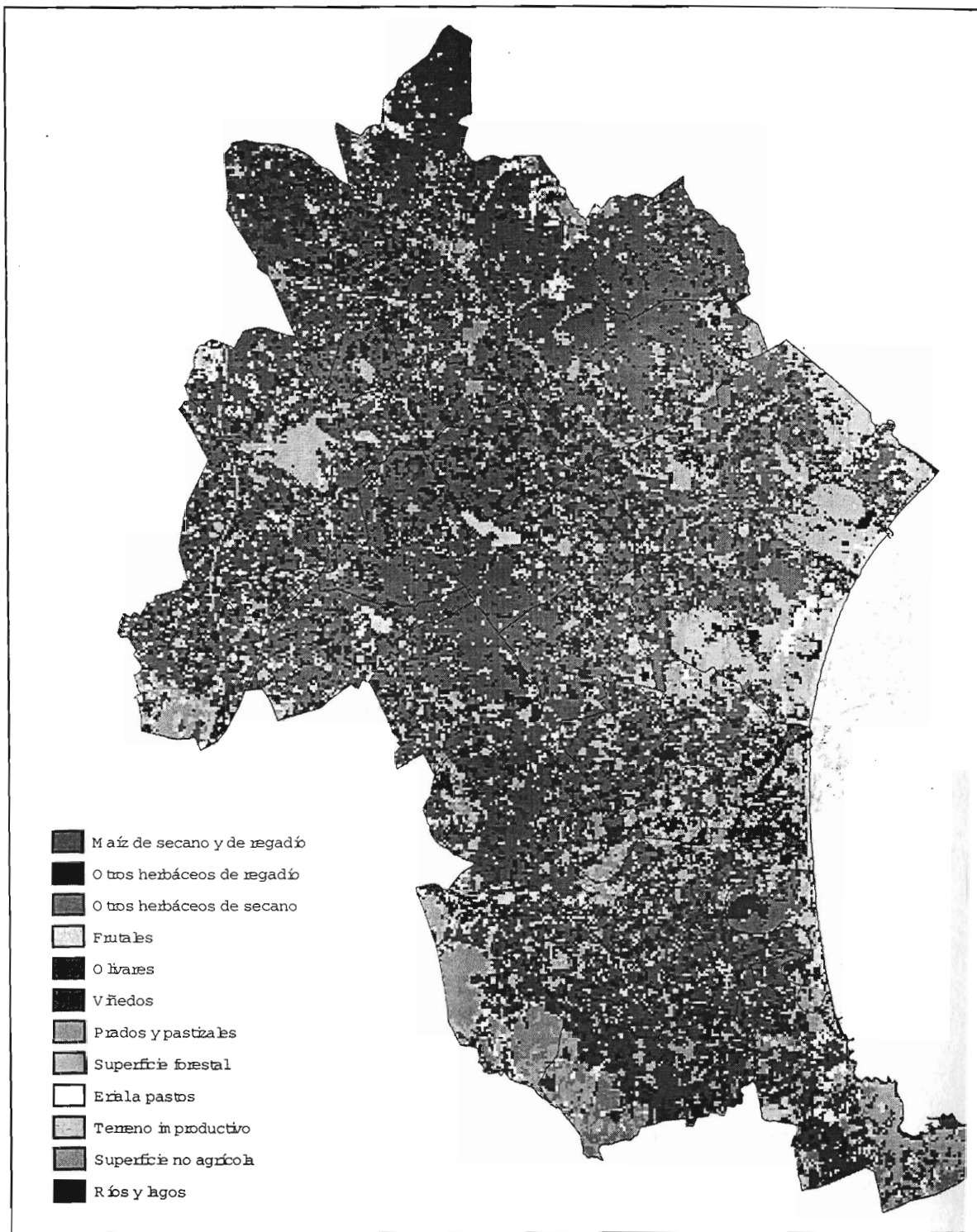
En relación al uso de la teledetección como instrumento para la localización de los usos del suelo, las conclusiones son las siguientes:

- Ventajas respecto a la fotografía aérea: obtención de una leyenda más detallada, sin necesidad de fotointerpretar y digitalizar todo el área de estudio, ya que con las áreas de entrenamiento, equivalentes al 2.5% del territorio, se asignó el resto automáticamente.
- El material adicional (ortofotomapas, etc.) y el trabajo de campo han sido imprescindibles para la clasificación.
- La disponibilidad de tres imágenes de diferentes meses ha permitido obtener unos buenos resultados, ya que habían unos cambios fenológicos agrícolas muy significativos en un corto espacio de tiempo.
- Los aciertos globales de todos los tests han sido superiores al 75%.

Bibliografía

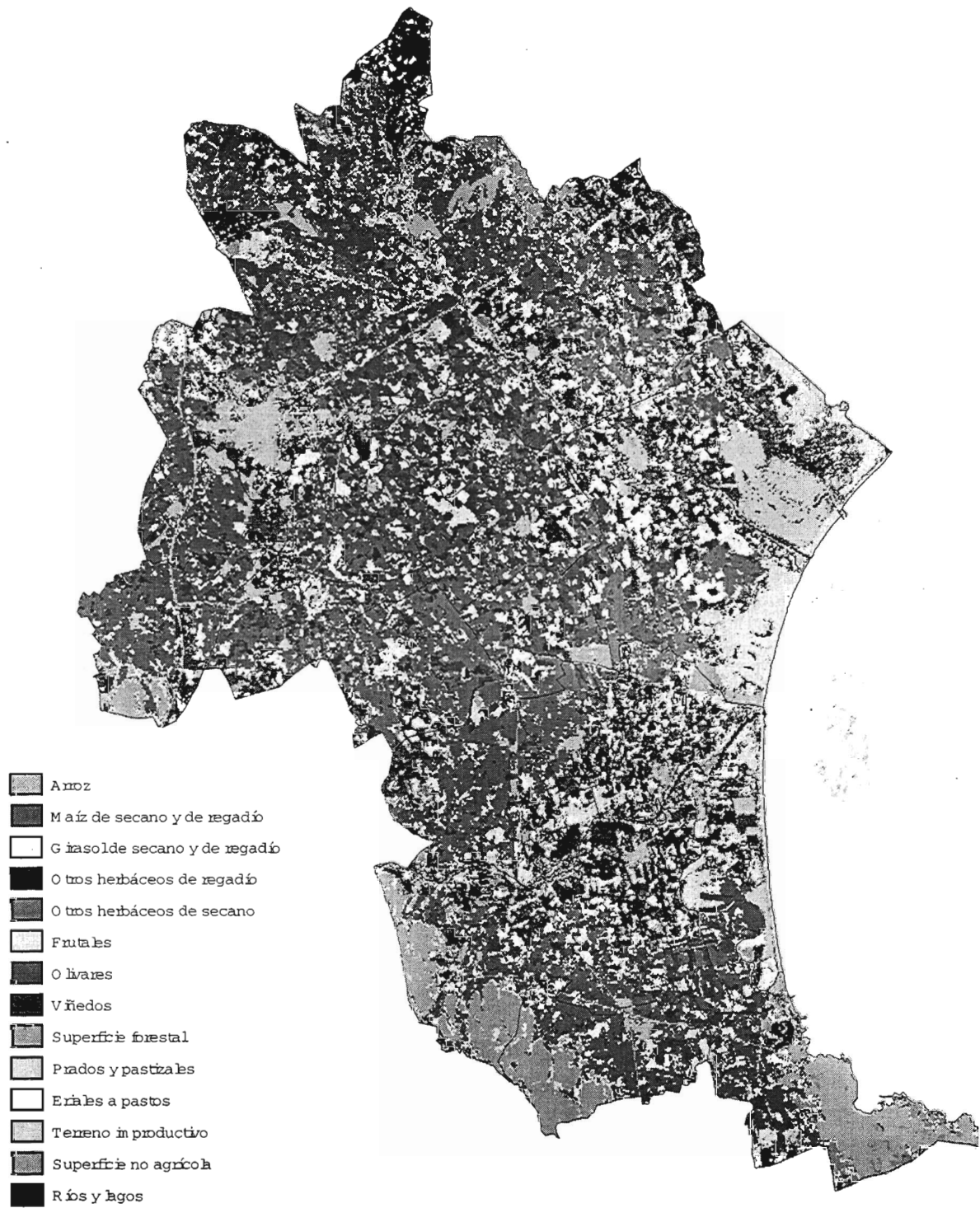
- Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección espacial. Madrid, Rialp, S.A. 3ª edición revisada.
- Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca (1993). Superfícies dels conreus agrícoles, any agrícola 1993. No publicado.
- Gandía, S. i Melià, J. (coord.) (1991). La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: agricultura. Universidad de Valencia, Departamento de Termodinámica.
- González-Alonso, F. i Cuevas, J.M. (1992). "Comparación de los resultados obtenidos a partir de imágenes Landsat MSS y Landsat TM en la estimación de superficies cultivadas". Investigación Agraria: Economía, vol.7, 3. Madrid, MAPA.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1982). Calendario de siembra, floración y recolección. Madrid, 3ª edición.
- Ministerio de Agricultura (1977). Superfícies ocupadas por los cultivos agrícolas, año agrícola 1977. No publicado.
- Palà, V. i Pons, X. (1995). "Incorporation of relief in Polynomial-Based Geometric corrections". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 61, 7, p935-944.
- Pons, X. i Solé-Sugrañes, L. (1994). "A simple radiometric correction model to improve automatic mapping of vegetation from multispectral satellite data". Remote sensing of environment, 48, p191-204.
- Pujol, M.(1985). Els cereals: Generalitats. Barcelona, Escola Universitària Enginyeria Tècnica Agrícola de Barcelona, 2ª edición.
- Richards, J. (1993). Remote sensing digital image analysis. Berlin, Springer-Verlag.

Plana de l'Alt Empordà. Usos del sòl 1977



Mapa 1

Autor: Pere Serna. Departament de Geografia. UAB. 1998
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes Landsat MSS



Mapa 2

Autor: Pere Sena. Departament de Geografia. UAB. 1998
Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes Landsat TM