

RECONOCIMIENTO DE LA OCUPACION DEL SUELO MEDIANTE TELEDETECCION EN DOS MUNICIPIOS VALLISOLETANOS: ATAQUINES Y PEÑAFIEL

Rosario ESCUDERO¹, Sara Eva MARTINEZ²

¹Gibbs & Hill Española,S.A. (GHESA), Magallanes nº 23. 28015 MADRID

² Instituto de Geología Jaime Almera, CSIC. Martí Franqués, s/n. 08028 BARCELONA

RESUMEN

La presente comunicación describe los procesos de análisis digital aplicados a dos subescenas LANDSAT-TM correspondientes a los municipios de Ataquines y Peñafiel (Valladolid), con el fin de hacer una estimación de superficies relativa a una tipología particular de ocupación del suelo.

Los resultados obtenidos a nivel municipal mejoran sensiblemente la información obtenida de otras fuentes.

Palabras clave: Agricultura, Clasificación temática, Landsat TM, Ocupación del Suelo.

ABSTRACT

Methodology applied as well as the results obtained in digital analysis of two LANDSAT-TM subscenes corresponding to a pair of municipalities of Valladolid are described.

Remote sensing land cover classification improves other conventional cultural maps in this region.

Key words: Agriculture, Thematic classification, Landsat TM, Land cover.

1. OBJETIVOS E INTERES DEL ESTUDIO

El presente estudio fue encargado por la Dirección General de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León en 1986, poco antes de que la Comunidad Autónoma pasara a formar parte del Programa de Teledetección de Joint Research Centre (JRC-ISPRA) de la CC.EE. para la elaboración de estadísticas agrarias regionales por muestreo estratificado en las provincias de Valladolid y Zamora (JRC, 1989).

Este trabajo posee un carácter fundamentalmente metodológico. Su finalidad fue comprobar la idoneidad del uso de datos LANDSAT TM y de unos programas de clasificación multiespectral para el reconocimiento y valoración cuantitativa del recubrimiento del suelo, en unas áreas de las cuales se poseía una información fiable.

Fueron seleccionadas por ello dos subescenas LANDSAT TM de 512 x 512 pixels centradas respectivamente en los municipios de Ataquines y Peñafiel.

2. LOS DATOS Y EL EQUIPO TECNICO

En la elección de la fecha de la pasada LANDSAT nos tuvimos que limitar a escoger entre las existentes en la colección que poseía la D.G. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente.

La relación de cintas utilizadas se corresponde con dos subescenas TM (202-31), cuarto cuadrante, de fecha 30.7.86.

Además de las imágenes LANDSAT (TM) se utilizaron otras fuentes de información, entre las que destacamos:

— Mapa Topográfico del SGE 1:50.000, hojas 374 (Peñafiel), 428 (Olmedo) y 455 (Arévalo).

- Mapas de Cultivos y Aprovechamientos 1:50.000, del Ministerio de Agricultura.
- Foto aérea a escala aproximada 1:18.000 (1986).
- Mapas de Usos del Suelo 1:50.000, Junta de Castilla y León (1986).
- Hojas de Cultivo (T-1) de las Cámaras Agrarias de Ataquines y Peñafiel.
- Datos del Inventario Agrícola realizado por el Servicio Territorial de Agricultura de Valladolid para Ataquines que recoge información, parcela a parcela, de la superficie concentrada en este municipio. Esta información fue utilizada como "verdad terreno" para comprobar los resultados de la clasificación en esta imagen.

El tratamiento digital de los productos CCT-TM fue realizado, en una primera fase de pretratamiento y análisis de imagen con el sistema de Proceso Digital de Imágenes IBAS II-IPS original de KONTRON-BILDANALYSE, instalado en la D.G. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente de la J.C.L. y, en una segunda fase de aplicación de los programas de clasificación automática, con el equipo de Teledetección del Instituto Jaime Almera del CSIC, utilizando para ello el software JARS montado sobre una VAX 11/730 de DIGITAL EQ.CO.

3. CARACTERISTICAS AGROECOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO

Las dos subescenas LANDSAT analizadas se encuentran situadas en dos comarcas vallisoletanas de fuerte tradición agrícola, el Campo de Medina (Ataquines) y la Ribera del Duero (Peñafiel) (Cabo y Molinero, 1987).

Desde un punto de vista morfológico ambas comarcas definen vastas extensiones de perfiles ondulados, escasos desniveles, débiles pendientes y ausencia de escarpes expresivos.

La clave del modelado diferencial que en la actualidad ofrece la campiña del Campo de Medina es la composición diversa e irregular del Mioceno integrado por materiales de distinta resistencia a la erosión: arcillas rojas, arenas, margas blancas, areniscas y conglomerados que ofrecen diversos comportamientos a lo largo de la campiña. Ataquines, a una altitud media de 750 m, forma parte de una gran superficie de erosión de acusada planitud. El elemento litológico predominante es el de los materiales del Mioceno Superior, sobre los que se ha labrado el nivel de la campiña, materiales que quedan frecuentemente enmascarados por depósitos Pliocuaternarios y Cuaternarios que llegan a formar manchas extensas.

En la Ribera del Duero, el río se encaja sobre los materiales del Mioceno formando desniveles, en torno a Peñafiel, de más de 150 m., con respecto a la masa de páramos circundantes. Sobre las arcillas del Astaraciense se extienden amplias manchas de materiales aluviales del Cuaternario que recubren el gran valle en artesa que forman el Duero y el Duratón, dando lugar a varios niveles de terrazas formadas por arenas y gravas. Sobre el fondo aluvial del valle destacan además acumulaciones de arenas, materiales muy permeables, cuya presencia delata el pinar.

En cuanto al clima, se puede afirmar que la aridez estival es la principal seña de identidad agroclimática de la región (García Fernández, J., 1986). La aridez permite la adecuada maduración de los cereales y favorece un buen desarrollo de la vid. Por el contrario, obliga a recurrir al regadío para obtener altos rendimientos en cultivos no típicamente mediterráneos como es el caso de la patata y la remolacha, y determina el agotamiento de los pastos.

Las temperaturas medias anuales son de 12°C y la media de las máximas está en torno a los 30°C (1). En Ataquines hay mínimas negativas durante seis meses al año (de Noviembre a Abril), que disminuyen a tres en Peñafiel (de Diciembre a Febrero).

Por otro lado, Ataquines posee el índice pluviométrico más bajo de toda la provincia de Valladolid, con 354 mm. La aridez estival comprende Julio, Agosto y Septiembre no llegando a los 30 mm. Sin embargo, en Peñafiel las medias anuales de precipitación ascienden a 540,9 mm. aunque se mantiene la aridez estival durante los 3 meses de verano.

(1) Los datos climáticos han sido extraídos de Elías Castillo F. y L. Ruiz Bellrán: "Agroclimatología de España" referidos a la estación de Ataquines durante la serie 1945-1970, Tudela de Duero 1946-1969 y Sardón de Duero 1950-1969. Para las precipitaciones hemos utilizado además las series del Centro Zonal del Duero en Peñafiel de 1951 a 1980.

La vegetación natural más característica de estas áreas es el pinar —*P. Pinea*, entre los que se mezclan *P. Pinaster* y *P. Halepensis*— especie por la que fueron sustituidas las comunidades autóctonas de encinas (*Q. Ilex*) y quejigo (*Q. Lusitánica*) hoy reducidas a pequeñas manchas dispersas como consecuencia de una larga acción antrópica.

Por último, en cuanto a los aprovechamientos agrarios se refiere, hay que destacar que pese a la clara vocación cerealista de ambas áreas piloto, podemos distinguir una mayor diversidad de cultivos en la Ribera del Duero, en donde los regadíos tienen una alta significación como consecuencia de la existencia de una buena infraestructura de riego encabezada por el Canal del Duero que recorre la unidad de Este a Oeste (INIA, 1973).

En Ataquines, el terrazgo de secano permanece ocupado en un 84,5 por 100, por cereales, un 6,3 por ciento lo ocupa el girasol y el resto se reparte entre cultivos forrajeros. El regadío no llega a las 200 Ha, de las cuales un 90 por 100 es remolacha. En barbecho quedan una media de 450 Ha (2).

Asimismo, en Peñafiel el terrazgo de secano es eminentemente cerealista. En 1986 representaba el 85,75 por 100 del total del secano. El resto lo ocupan algunas Ha de girasol, leguminosas y cultivos forrajeros, dedicándose a barbecho unas 200 Ha.

La variedad de cultivos es mayor en el regadío: cereales (47,9%), remolacha (37,17%), patata (8,5%) y alfalfa (1,2%). El resto son pequeñas parcelas de frutales y hortalizas.

El viñedo, pese a su escasa representación —140 Ha en 1986— ocupa un capítulo de excepción por su alta calidad como es el caso de los tintos de Peñafiel y Pesquera de Duero.

4. RECONOCIMIENTO DE LA OCUPACION DEL SUELO: METODOLOGIA Y RESULTADOS

4.1. DEFINICION DE LAS CLASES TEMATICAS

Siguiendo las directrices marcadas por Justicia y Townshend (1981), establecimos una tipología de cubiertas superficiales. Para ello nos basamos en las características agroecológicas de nuestra área de estudio y en el análisis de los histogramas de frecuencias de los siete canales TM de las imágenes analizadas. Finalmente establecimos la siguiente tipología:

1. **Bosque:** *Pinaceas:* *P. pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis*; *Quercineas:* *Q. ilex*, *Q. coccifera* y *Q. faginea*.
2. **Secano:** *Cereales en grano:* Cebada, trigo, avena y centeno; *Leguminosas en grano:* veza y garbanzo; *Cultivos industriales:* girasol.
3. **Suelo desnudo:** Roquedos y berrocales, minas y canteras, infraestructuras de transporte.
4. **Eriales-pastizales:** Herbáceas y monte bajo con matorral.
5. **Zona urbana:** Núcleos de población.
6. **Vega del río:** Vegetación natural de ribera asociada a choperas.
7. **Regadíos:** *Cultivos industriales:* remolacha; *Cereales en grano:* cebada y trigo; *Otros:* patata, alfalfa, hortalizas, etc.

Desafortunadamente no pudimos establecer una clase espectral para el viñedo debido al pequeño tamaño de las parcelas que ocupa.

4.2. SEPARACION DE CLASES ESPECTRALES Y DEFINICION DE CARACTERISTICAS ESTADISTICAS

Partiendo de un conocimiento de la zona, obtenido por fotointerpretación y mediante el empleo de mapas de usos del suelo fue posible señalar sobre estos mapas y sobre las imágenes TM en combinación falso

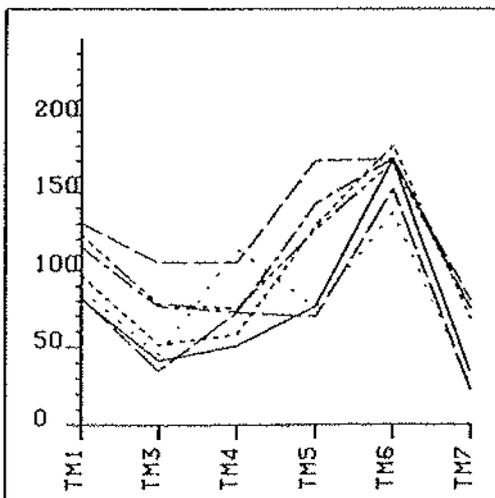
(2) Los datos de aprovechamientos del terrazgo han sido extraídos de las Hojas (T-1) de Ataquines y Peñafiel elaboradas por las Cámaras Agrarias para 1986.

color TM3, TM4, TM7 (B, G, R), las parcelas de entrenamiento de las diversas clases temáticas de la zona a estudiar.

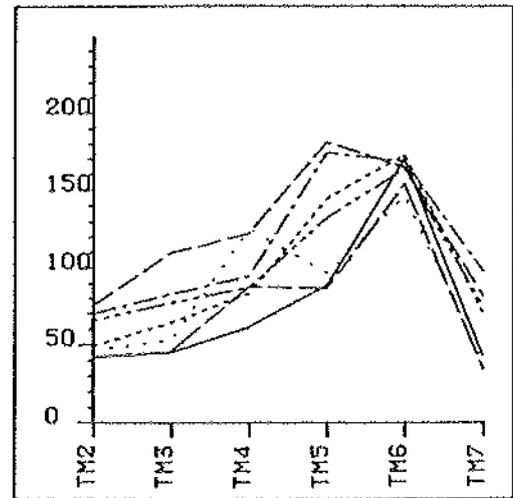
A partir de la comparación de las medias aritméticas de las "training areas" de cada clase en cada uno de los canales TM (Swain, P.H. y Davis, S.M. 1978), establecimos las diferentes firmas espectrales, tal y como muestran los siguientes gráficos:

GRAFICOS DE SIGNATURAS ESPECTRALES EN LAS AREAS PILOTO

ATAQUINES



PENAFIEL



- BOSQUE
- - - SECANO
- · - SUELO
- · · ERIALES
- · · Z URBANA
- VEGA RIO
- · · REGADIO

Partiendo de la hipótesis de que la vegetación sana en períodos de alta actividad clorofílica alcanza valores espectrales altos en el infrarrojo próximo (TM4) y bajos en el canal del rojo (TM3), aplicamos el índice de vegetación normalizado $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$ para analizar el comportamiento vegetativo de cada una de las clases establecidas que para este índice, como se sabe, varía entre (+ 1, -1).

INDICE DE VEGETACION NORMALIZADO

	Forestal	Secano	S. desnudo	Eriales-pastizales	Z. urbana	Vega-rio	Regadío
Ataquines	0,10	0,0009	- 0,023	0,06	- 0,017	0,30	0,43
Peñafiel	0,15	0,05	0,065	0,12	0,05	0,31	0,405

Todas las clases alcanzan valores de vigor vegetativo superiores en la imagen de Peñafiel, en donde ninguna clase adquiere valores negativos. Esto es debido, sin duda, a que esta zona goza de unos aportes de agua superiores a los de Ataquines tanto en función de las precipitaciones como del riego. Por el contrario, en Ataquines donde la aridez estival para 1986 fue especialmente aguda, todas las clases presentan una actividad clorofílica sensiblemente más baja.

La clase bosque adquiere en ambas imágenes valores especialmente bajos lo que revela las altas temperaturas del mes de Julio y la aridez estival características de estas regiones vallisoletanas.

Las bandas utilizadas en la clasificación fueron seleccionadas a partir de los valores espectrales que adquieren las diversas clases en cada uno de los canales TM.

Quedaron excluidas del proceso de clasificación la banda TM1 de la imagen de Peñafiel y la TM2 de la de Ataques por considerar que ofrecían información redundante con respecto a las otras bandas del espectro visible.

A partir de las **matrices de distancias espectrales de Fisher** establecimos el poder discriminante de cada uno de los canales TM utilizados en la clasificación. La distancia de Fisher viene dada por la expresión:

$$D = \frac{x_i - x_j}{s_i \cdot s_j}$$

siendo:

x_i = Valor medio de la clase i .

s_i = Desviación standard clase i .

El poder discriminante se define, a su vez, como el sumatorio de las distancias de Fisher entre las diversas clases.

Los canales con mayor poder discriminante resultaron ser los siguientes:

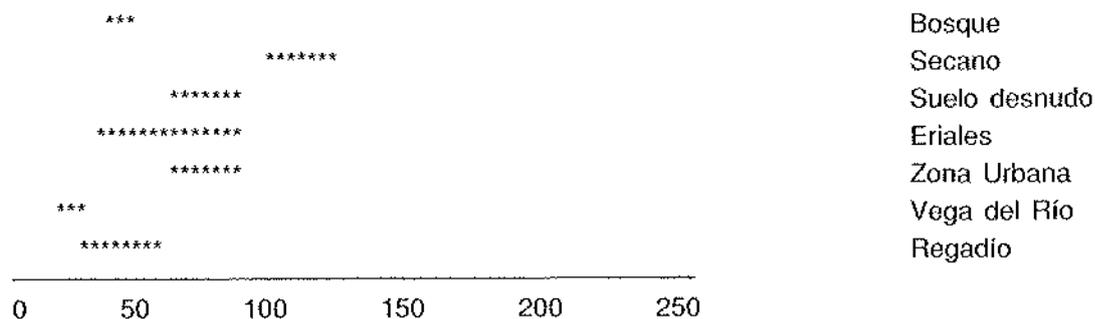
El canal rojo (TM3) es el que mejores resultados ha logrado para la discriminación de los secanos.

MATRIZ DE DISTANCIAS DE FISHER. ATAQUINES TM3

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
TM1	0.000						
TM2	15.000	0.000					
TM3	8.729	4.457	0.000				
TM4	1.920	6.203	2.867	0.000			
TM5	9.466	4.376	0.250	3.165	0.000		
TM6	3.143	21.008	12.414	3.763	13.372	0.000	
TM7	1.046	9.953	5.171	0.794	5.637	3.350	0.000

Poder discriminante de este canal = 136.9861

SIGMA (*)



(*) Valor medio de gris : 1 STDV.

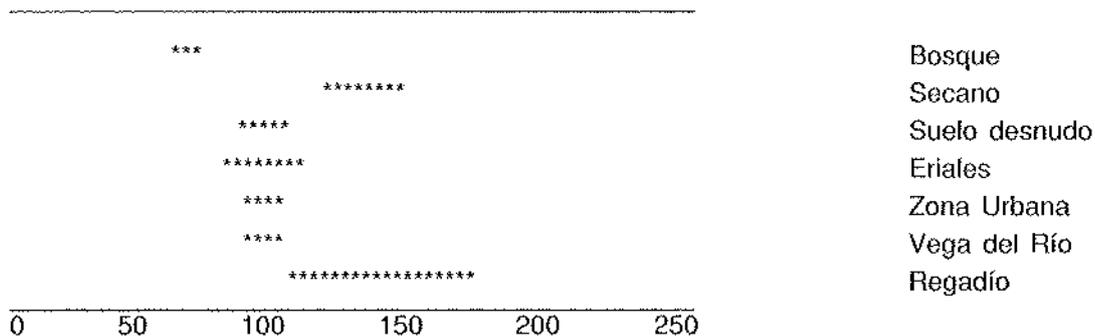
En el infrarrojo cercano (TM4), los regadíos y la vega del río adquieren una alta reflectancia por lo que su uso en la clasificación ha resultado imprescindible a fin de separar ambas clases entre sí, así como de la clase bosque.

MATRIZ DE DISTANCIAS DE FISHER. PEÑAFIEL TM4

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
TM1	0.000						
TM2	20.026	0.000					
TM3	10.687	7.295	0.000				
TM4	4.829	7.143	2.053	0.000			
TM5	8.860	9.828	2.017	0.790	0.000		
TM6	10.003	11.020	2.237	0.911	0.034	0.000	
TM7	10.549	0.392	4.052	3.857	5.351	6.001	0.000

Poder discriminante de este canal = 127.9336

SIGMA (*)



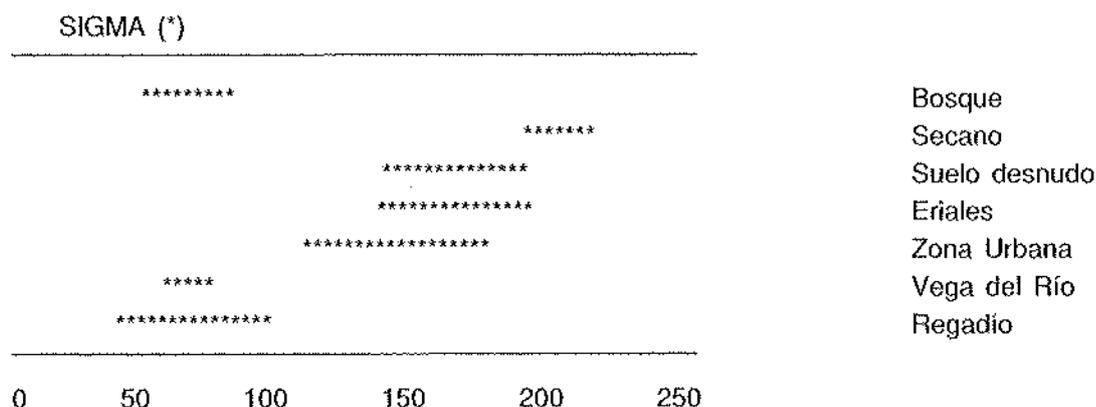
(*) Valor medio de gris \pm 1 STDV.

El canal TM5, indicativo de la humedad relativa del suelo y la vegetación, posee un alto poder discriminante en ambas imágenes. Su utilización permite separar, las clases con una importante presencia de la humedad: bosque, vega del río y regadío.

MATRIZ DE DISTANCIAS DE FISHER. ATAQUINES TM5

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
TM1	0.000						
TM2	13.826	0.000					
TM3	7.184	3.060	0.000				
TM4	5.232	4.288	1.070	0.000			
TM5	5.080	4.568	1.249	0.154	0.000		
TM6	1.315	20.373	10.825	8.080	7.883	0.000	
TM7	0.143	11.945	6.238	4.565	4.436	0.926	0.000

Poder discriminante de este canal = 122.3398



(*) Valor medio de gris \pm STDV.

4.3. LOS RESULTADOS DE LA CLASIFICACION MULTIESPECTRAL

Una vez digitalizados los contornos municipales de Ataquines y Peñafiel procedimos a la clasificación propiamente dicha.

El clasificador utilizado es del tipo "Maximum Likelihood" o clasificador de Máxima Verosimilitud que asigna cada pixel a la clase más cercana según el criterio de Fisher: menor distancia n dimensional respecto al centro de gravedad de cada clase.

CLASIFICADOR DE MAXIMA VEROSIMILITUD

Título: ATAQUINES.

Canales espectrales utilizados: TM1, TM3, TM4, TM5, TM6, TM7

Clase	Pixels	Std. Dev.
Bosque	11.360	1.961
Secano	23.190	2.120
Suelo Desnudo	9.435	2.741
Eriales	2.027	1.830
Zona Urbana	40	1.618
Vega del Río	377	1.615
Regadío	1.953	2.826

Pixels no clasificados: 0

Título: PEÑAFIEL.

Canales espectrales utilizados: TM2, TM3, TM4, TM5, TM6, TM7

Clase	Pixels	Std. Dev.
Bosque	8.003	2.584
Secano	40.320	2.389
Suelo Desnudo	11.280	2.507
Vega del Río	13.270	1.860
Eriales	1.467	2.017
Regadío	787	2.885
Zona Urbana	7.873	1.846

Pixels no clasificados: 64

Los resultados obtenidos en la clasificación fueron representados gráficamente a escala aproximada 1:100.000 (ver figuras 1 y 2) y comparados con la información digitalizada para los términos municipales de Ataquines y Peñafiel, y, contenida en los mapas de usos del suelo, elaborados por la J.C.L. en la misma fecha (1986) a escala 1:50.000. En Ataquines los resultados de la clasificación fueron cotejados además con los datos ofrecidos por el Servicio Territorial de Agricultura de Valladolid referidos a un inventario agrícola realizados en 1986 para diversos términos municipales. Desafortunadamente no existía dicho inventario para Peñafiel.

RECUBRIMIENTO DEL SUELO EN ATAQUINES

Clases informacionales	Datos Landsat TM		Mapas Usos Suelo 1:50.000		Inventario agrícola Ha
	Ha	Error % (*)	Ha	Error % (*)	
Bosque	1.022,40	0,15	986,75	3,63	1.024,00
Secano	2.087,10	6,47	3.063,00	37,25	2.231,71
S. Desnudo	849,10	—	—	—	—
Eriales	182,40	—	171,75	—	—
Z. Urbana	3,60	—	29,25	—	—
Vega Río	33,95	—	26,25	—	—
Regadío	175,80	7,35	56,00	70,49	189,75

(*) Error referido a los datos del inventario agrícola.

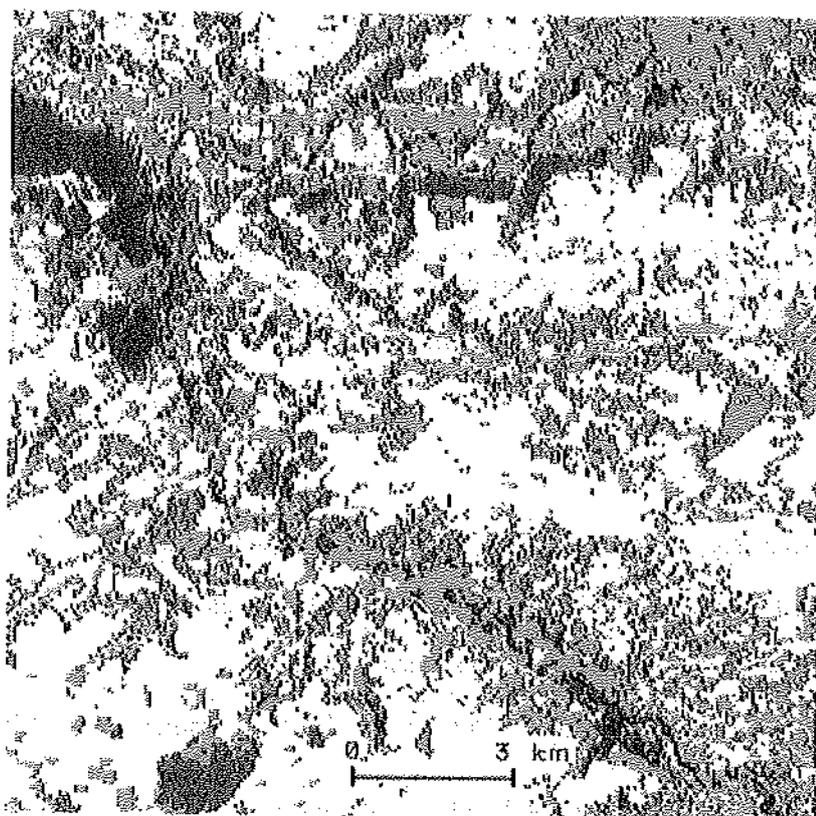
La primera observación a hacer es la falta de concordancia entre los datos arrojados por el mapa de usos del suelo y el inventario agrícola, especialmente fatales en el caso del regadío.

Los resultados obtenidos en la clasificación de la imagen TM para Ataquines se pueden considerar satisfactorios para las 3 clases fundamentales, desde el punto de vista de su aprovechamiento agrícola: bosque, secano y regadío, mejorando considerablemente los datos aportados por el mapa de usos del suelo.

En el caso del secano los resultados podrían haber sido notablemente mejorados caso de haber podido disponer en el trabajo de una imagen de finales de Mayo, ya que en Julio parte de la clase secano está agregada a la clase erial-pastizal.

RECUBRIMIENTO DEL SUELO EN PEÑAFIEL

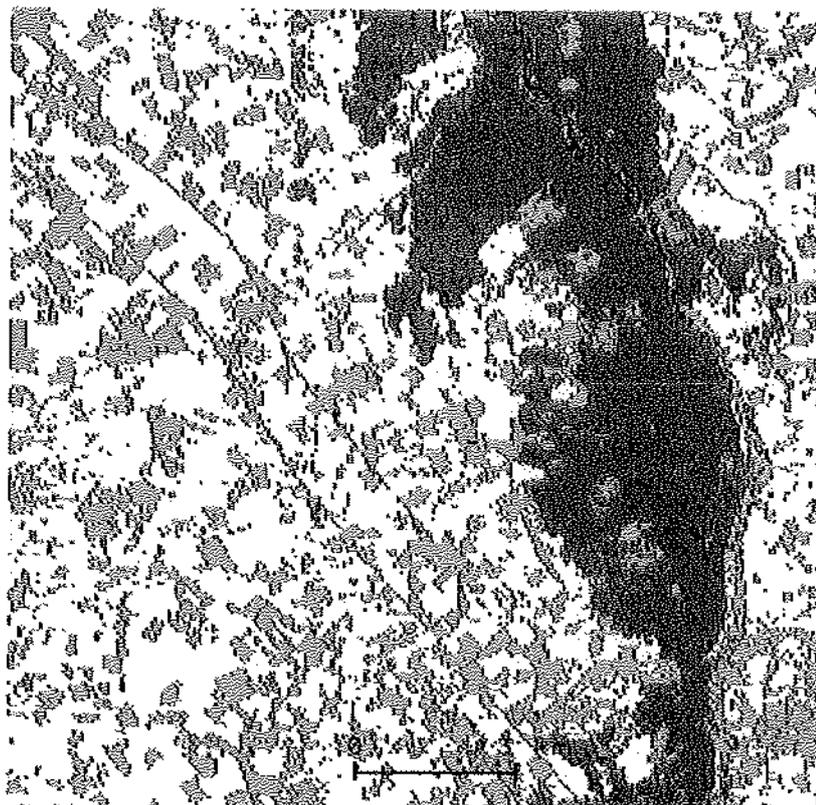
Clases informacionales	Datos Landsat TM		Mapas Usos Suelo 1:50.000		Diferencia porcentual %
	Ha	(%)	Ha	(%)	
Bosque	720,27	9,64	531,09	6,65	2,99
Secano	3.628,80	48,57	3.696,50	46,30	2,27
S. Desnudo	1.015,20	13,59	—	—	—
Eriales	1.194,30	15,39	1.139,30	14,27	1,12
Z. Urbana	132,03	1,76	154,08	1,93	0,17
Vega Río	70,83	0,94	122,04	1,52	0,58
Regadío	708,57	9,48	2.068,80	25,91	16,43
Viñedo	—	—	270,45	3,38	—



PEÑAFIEL

- Forestal
- Secano
- ▨ S. desnudo
- ▩ Eriales
- ▧ Z. urbana
- ▤ Vega río
- ▦ Regadío

Figura 1.— Cobertura del suelo en Peñafiel.



ATAQUINES

- Forestal
- Secano
- ▨ S. desnudo
- ▩ Eriales
- ▧ Z. urbana
- ▤ Vega río
- ▦ Regadío

Figura 2.— Cobertura del suelo en Ataquines

En Peñafiel la diferencia porcentual en cuanto a la estimación de superficies entre la imagen Landsat y el mapa de usos del suelo está mucho más ajustada que en Ataquines, con la excepción de la clase regadío en donde los resultados de la clasificación de la imagen Landsat arroja un 16,46 por 100 menos de superficie que la cartografía existente. Esta elevada diferencia debe atribuirse de nuevo a la fecha tardía de la imagen TM, ya que a finales de Julio los cereales (que integran gran parte del regadío) están ya cosechados. Por este motivo, parte del regadío se ha agregado a la clase suelo desnudo que aparece, sin duda, sobredimensionada.

Como conclusión podemos decir que la Teledetección se revela como una tecnología válida para el reconocimiento y cuantificación de tipologías de recubrimiento del suelo con capacidad para mejorar los datos de cartografías temáticas convencionales. No obstante, en el presente estudio, a pesar de haber logrado este objetivo genérico, el hecho de haber trabajado con una imagen de Julio nos impidió obtener unos resultados tan buenos como hubiera cabido esperar.

BIBLIOGRAFIA

- Cabo, A. y F. Molinero, F. (Edes.) 1987. **Geografía de Castilla y León**. Ambito. Valladolid.
- Elías Castillo, F. y Ruíz Beltrán, L. 1977. **Agroclimatología de España**, INIA. Madrid.
- INIA. 1973. **Estudio Agroclimatológico de la Cuenca del Duero**. INIA. Madrid.
- JRC. 1989. Spain: Castilla y León. Regional Crop Inventory from Satellite Imagery (Report). JRC-ISPRA (Italy).
- Justice, Ch. O. y Townshend, J.R.G. 1981. "The use of Landsat data for land cover inventories of Mediterranean lands". En: **Terrain Analysis and Remote Sensing**. J.R.G. Townshend (Ed.): 135-153. George Allen Unwin. London.
- Swain, P.H. y Davis, S.M. 1978. **Remote Sensing: The quantitative approach**. McGraw & Hill. New York.