

Estudio de la dinámica de la agricultura en el Delta del Ebro a partir de datos de satélite

V. Palà Comellas⁽¹⁾, A. Lobo Aleu^(1,2) y A. González Colás⁽¹⁾

(1) Centre de Càlcul de la U. Politècnica de Catalunya.
Av. Dr. Gregorio Marañón, s/n, 08028 Barcelona.

(2) Dep. d'Ecologia, U. de Barcelona. Av. Diagonal, 645, 08028 Barcelona.

INTRODUCCIÓN.

El presente estudio consiste en una evaluación de los usos del suelo del Delta del Ebro (Tarragona), a partir de imágenes de satélite de los años 1975, 1977 y 1984. Debido a la falta de calidad de las imágenes de los dos primeros años, se decidió tratarlas conjuntamente como una unidad representativa del estado agrícola del Delta en el período 1975-77. La comparación de dicha unidad con la imagen de 1984 permitió poner de manifiesto los cambios substanciales producidos, especialmente entre los arrozales y los cultivos intensivos de regadío.

Las imágenes fueron captadas por sensores distintos. Así pues, dispusimos de datos del MSS (Multispectral scanner) instalado sobre el satélite LANDSAT-1 y LANDSAT-2, y del sensor TM (Thematic mapper) procedentes de LANDSAT-5.

Las categorías de usos del suelo que distinguimos son aquellas que

permite el sensor de menor resolución, el MSS con un tamaño de pixel de 80x80 metros:

- agua.
- áreas urbanas.
- cultivos intensivos de regadío.
- arrozales.
- arenas.
- cañizales.

El tratamiento se realizó en el Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Catalunya (CCUPC) utilizando un paquete software (RS) elaborado en el propio organismo, un ordenador VAX-780 y un sistema de proceso de imágenes COMTAL VISION ONE.

Este trabajo pone de manifiesto la viabilidad en la utilización de las imágenes digitales de satélite para realizar estudios comparativos multitemporales de ocupación de usos del suelo y el interés de continuarlos con las imágenes de más elevada resolución que aportan, ya en la actualidad, satélites como el LANDSAT-5 y SPOT.

DATOS UTILIZADOS.

Dispusimos de 3 cintas magnéticas conteniendo imágenes que cubren la zona del delta del Ebro:

- Una imagen tomada el 16 de Julio de 1975 por el sensor MSS del satélite LANDSAT-1.
- Una segunda imagen tomada el 26 de Junio de 1977 por el sensor MSS del LANDSAT-2.
- Una imagen del 10 de Junio de 1984 del sensor TM del satélite LANDSAT-5.

El primer proceso a realizar fue el paso a disco de las subimágenes o subescenas que correspondían exactamente a la zona a tratar, a partir de las cintas magnéticas disponibles que abarcaban una extensión de terreno muy superior a la que interesaba para el estudio. Se efectuó una primera carga pero tomando un pixel de cada 10 líneas y 10 columnas. De esta manera la cantidad de información a visualizar se reduce considerablemente y permite una representación global de la información. Una vez localizada el área de interés, procedimos a cargar, para cada cinta, la subescena correspondiente por completo, es decir, con el máximo de información.

La notación que a partir de ahora utilizaremos para referirnos a las diferentes imágenes es como sigue:

- IMA75: Imagen extraída de la cinta del año 1975. MSS 3 bandas.
- IMA77: La correspondiente al año 1977. MSS 3 bandas.
- IMA84: La correspondiente al año 1984. TM 7 bandas.

METODOLOGÍA.

Para llegar a conclusiones de valor cartográfico sobre cambios en el Delta del Ebro, a partir de comparaciones de las distintas imágenes, fue preciso ajustarlas a una misma geometría. Una vez dado este paso, cada imagen corregida fue tratada por clasificadores que segmentaron la imagen en las clases o usos del suelo de interés. Estos resultados fueron sometidos a comparación para extraer los cambios sobre la zona.

Correcciones geométricas.

Las imágenes originales no eran superponibles entre si por diversas razones entre las cuales cabe mencionar como más comunes: el movimiento de la plataforma en cualquiera de sus ejes, los giros, rotación y curvatura de la Tierra, la distorsión tangencial que aumenta con el ángulo de toma de la imagen, la variación de velocidad en el barrido del sensor a lo largo de una línea, etc. Para solucionar estos problemas se procedió a la corrección geométrica de las imágenes. Se pueden diferenciar dos modalidades:

- Superposición de una imagen a un mapa cartográfico.
- Superposición de una imagen a otra.

En cualquiera de los casos se efectúa un cambio de coordenadas, ya sea de coordenadas imagen (línea-columna) a coordenadas del mapa (p. ej. coordenadas UTM), o bien de imagen a imagen. Para dicha transformación se precisa de una función que nos conduzca de un sistema al otro y/o viceversa. La literatura sobre el tema y nuestra propia experiencia nos demuestran que con una función polinomial para el caso de imágenes de

satélite es suficiente. Hallamos los coeficientes del polinomio a partir de un conjunto de puntos de control, de los cuales conocemos las coordenadas sobre ambos sistemas. Es suficiente un polinomio de segundo grado para corregir las distorsiones introducidas sobre las imágenes del sensor MSS de los satélites LANDSAT-1 Y LANDSAT-2, y de primer grado para el TM de LANDSAT-5.

La localización de los puntos de control es una operación casi manual. Se buscan puntos situados en los cruces de carreteras, desembocaduras de ríos, etc., fácilmente detectables sobre la imagen, y seguidamente se identifican sobre los mapas o sobre otra imagen. Los puntos deben estar homogéneamente distribuidos de tal manera que el error que se obtenga en el proceso de corrección geométrica sea más o menos constante. Este error es estimado a priori, admitiendo errores máximos de localización de magnitud un pixel.

En nuestro caso, IMA84 fue corregida a coordenadas UTM. IMA75 se corrigió inicialmente a la geometría de IMA77 y posteriormente tanto IMA75 como IMA77, dotados de una misma geometría, fueron corregidas a coordenadas UTM. Este proceso queda ilustrado en la figura 1.

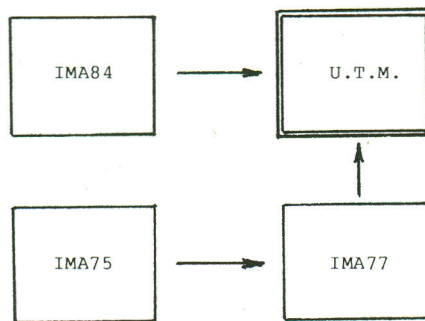


Figura 1

Como resultado de los anteriores pasos disponíamos de imágenes solapables. Sin embargo, al visualizarlas por el procesador de imágenes detectamos una inexacta superposición que podía ser fruto de una incorrecta corrección geométrica o de una real alteración morfológica de la zona de estudio debido a la conocida dinámica existente en el Delta.

Para salir de dudas se optó por afinar las correcciones construyendo un nuevo polinomio de transformación entre las imágenes de los años 1975-77 y el año 1984. El resultado de dicha transformación nos hizo ver claramente que únicamente diferían geométricamente aquellas partes de la imagen especialmente afectadas por la dinámica morfológica del Delta del Ebro, mientras que las restantes se superponían perfectamente.

En los procesos de corrección geométrica la resolución espacial o tamaño del pixel de la imagen TM (30x30 metros) fue degradada a la del sensor MSS (80x80 metros) para eliminar el parámetro resolución en la operación final de comparación de las clasificaciones.

Eliminación de nubes.

Tanto IMA75 como IMA77 ofrecían una parte cubierta por nubes. Afortunadamente la intersección entre las partes ocultas por las nubes de las dos imágenes era prácticamente nula. En IMA75 se encontraban en el sur del Delta y en IMA77 en el Norte. Por este motivo se decidió utilizar ambas imágenes conjuntamente como unidad representativa del estado del Delta en el período 1975-77, aprovechando de cada imagen aquellas partes no cubiertas por nubes.

Se procedió a recortar las partes con nubes sustituyendo los pixeles afectados por ceros.

Reducción de bandas. Componentes principales.

La técnica de reducción a los componentes principales se emplea fundamentalmente cuando la información es redundante y el volumen de datos retarda notablemente procesos posteriores a realizar.

Considerando cada banda de longitudes de onda como un eje de coordenadas, podemos representar una imagen multiespectral como una nube de puntos situados en un espacio de tantas dimensiones como de bandas dispongamos.

Encontrar los componentes principales consiste en obtener unos nuevos ejes, de tal modo que el primero nos proporcione el máximo de información o variancia explicada de la imagen y los restantes expliquen cantidades de información gradualmente menores. Generalmente los 3 o 4 primeros ejes son suficientes para recoger un porcentaje de información del orden del 98-99%.

Este proceso se aplicó a la imagen IMA84, reduciendo el número de bandas (originariamente 7) a 4 componentes principales con un 99.01% de la variancia explicada.

En la siguiente tabla de correlación entre las 7 bandas originales podemos comprobar la elevada redundancia existente entre algunas de ellas, p. ej. las bandas 2 y 3:

1.000						
0.939	1.000					
0.907	0.983	1.000				
0.750	0.844	0.879	1.000			
0.803	0.809	0.857	0.903	1.000		
0.720	0.770	0.782	0.752	0.689	1.000	
0.827	0.822	0.867	0.866	0.989	0.680	1.000

La variancia explicada por cada uno de los componentes principales (CP) hallados es de:

	variancia	acumulado
CP1	85.63	85.63
CP2	6.21	91.84
CP3	4.79	96.63
CP4	2.38	99.01

Generación de máscaras.

En ocasiones, usos del suelo diferentes ofrecen una radiometría parecida con lo que es difícil diferenciarlos por métodos de clasificación automática. Cuando dichos usos se sitúan sobre unidades geográficas distintas es fácil y conveniente dividir la imagen original en partes o máscaras asociadas a dichas unidades y tratarlas por separado.

En el caso que nos ocupa se aplicó este procedimiento sobre IMA84 donde se producían ciertas confusiones entre determinados tipos de agua marina y los arrozales. Se generaron dos máscaras: AGUA84 conteniendo básicamente

el agua marina y las arenas litorales; y TIERRA84 conteniendo el complementario de la máscara anterior.

Posteriormente cada máscara fue clasificada por separado, reuniendo al final los resultados.

Clasificaciones.

A nivel conceptual el proceso de clasificación lo podemos dividir en tres fases. La primera corresponde a la búsqueda de firmas espectrales o representantes de las clases que deseamos diferenciar en la imagen. En segundo lugar, la clasificación propiamente dicha, o asignación de cada pixel de la imagen a uno de los representantes de clase. Al final reunimos aquellas clases que corresponden a un mismo uso del suelo o grupo de interés.

Hay que remarcar la diferencia entre clases y usos. Las clases reflejan diferencias espectrales reales entre los elementos (pixeles) de la imagen, mientras que los usos son lo que queremos diferenciar. En general, un uso está formado por varias clases (correspondientes a matizaciones de dicho uso), aunque también se da el caso inverso indeseado en el que diversos usos están acogidos por una única clase.

En el momento de definición de los usos a diferenciar es importante elegir aquellos que, además de tener un interés real para el estudio, manifiesten diferencias espectrales en las imágenes. El poder de discriminación estará en función de la resolución espacial y espectral del sensor utilizado, así como de la fecha de captación de las imágenes.

Filtro mediano.

Los píxeles mixtos son aquellos que en su valor radiométrico contribuyen diferentes usos del suelo debido a la insuficiente resolución espacial. En la clasificación quedan asignados a cualquier clase o no quedan asignados. Generalmente están situados en las fronteras entre áreas homogéneas en cuanto a su uso y como ruido puntual por toda la imagen.

Para eliminarlos se aplica un filtro mediano que a cada píxel de la imagen clasificada le asigna un uso definitivo en función de su entorno (píxeles vecinos).

ASIGNACIÓN DEFINITIVA A USOS.

Disponíamos de la "Carta del paisatge vegetal del Delta de l'Ebre" realizada a partir de un levantamiento fotográfico efectuado durante los años 1974-75. A Partir de dicho mapa se asignaron las clases a usos del suelo.

Partiendo del hecho de que hay cambios en la distribución de usos entre 1975-77 y 1984, pero no radicales, a partir de la clasificación de IMA75, IMA77 y de la observación directa del terreno se estableció la asignación clase-uso para la imagen TM de 1984. Cabe mencionar que lo ideal hubiese sido un muestreo directo sobre el terreno, no realizado por limitaciones presupuestarias del estudio.

RESULTADOS.

De la comparación de las clasificaciones de las dos épocas se detectaron los siguientes cambios en la distribución de los usos de interés (ver figura 2):

Arrozales y cultivos de regadío.

1. En los campos situados entre la Partida de Carlet y la Finca d'Entreserres, al Sur de la isla de Gràcia, en las coordenadas UTM $x=304000, y=4507000$ el arroz ha ganado terreno de tal modo que la unidad compacta de cultivos de regadío existente en 1975-77 ha quedado partida en unidades más elementales.
2. En la finca de Migjorn, ligeramente al Sudoeste de la isla de Buda, a coordenadas $x=315000, y=4507000$, la geometría de la zona de cultivos de regadío ha cambiado de forma radical.
3. Una unidad de cultivos de regadío en coordenadas $x=311000, y=4505000$ al oeste de la población de Muntells, que se aprecia en las imágenes de 1975-77 deja de detectarse en 1984.
4. Al Sudoeste de la anterior a coordenadas $x=306500, y=4505500$ queda mejor definida en 1984 con la aparición de nuevos campos de cultivo de regadío.
5. En $x=313400, y=45114800$ encontramos en 1984 campos cultivados inexistentes anteriormente.

6. En $x=314360, y=451180$ ocurre lo mismo que en el punto anterior.
7. En coordenadas $x=297250, y=4504400$ existe una zona de regadío peor definida en 1984 que en los años 1975-77. Aquí el arroz ganó terreno al regadío.
8. Toda aquella zona de regadío que envuelve la isla de Gràcia, alrededor de las coordenadas $x=307700, y=4508000$, aparece en la clasificación del año 1984 con un punteado que al comparar las imágenes originales vemos que corresponde a una expansión hacia el sur de la zona de regadío.

Arenas-agua.

De la comparación se observan dos zonas en las cuales se manifiesta claramente que las arenas han aumentado. La primera centrada en las coordenadas $x=319000, y=4511000$, y la segunda en la Torra del Peu a coordenadas $x=298000, y=4495000$.

Cañizales-Urbano.

Las dimensiones de estos usos del suelo y los resultados de la clasificación no permiten evidenciar cambios substanciales. Tan solo en el año 1984 se aprecia una mejor definición y tamaño de las poblaciones más importantes, como son Sant Carles de la Ràpita y Amposta, coincidiendo con un lógico crecimiento.

CONCLUSIONES.

Los resultados presentados tienen un valor comparativo pero no se procedió a una cuantificación de diferencias por considerar que las

limitaciones en la resolución y en el control de resultados no permitían presentarlos con suficiente precisión.

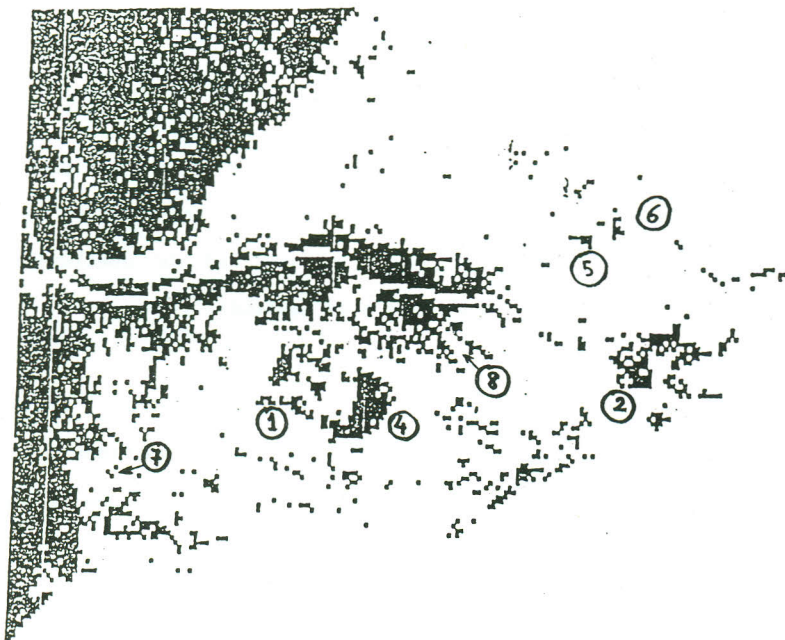
El interés de este estudio se centra en la puesta a punto y presentación de una metodología de trabajo que aporta, respecto de los métodos convencionales una mayor rapidez y objetividad de conclusiones, así como una inversión de recursos menor a la habitual.

Una planificación previa a la ejecución de sucesivos estudios similares podría reducir en gran modo algunas de las dificultades que nos encontramos: elección de fechas óptimas para la clasificación de la zona; elección de imágenes sin nubes; utilización de zonas de entrenamiento y de control; mejor resolución espacial y espectral, y a ser posible, idénticas para las diferentes imágenes.

Nunca hay que olvidar que los resultados de la teledetección no tienen un valor absoluto y han de complementar otros obtenidos por medios tales como la observación directa del terreno o levantamientos fotográficos, para constituir conjuntamente una fuente de información útil para la planificación agrícola.

AGRADECIMIENTOS.

Este estudio ha sido posible gracias a un "Ajut a la Recerca" de "La Caixa de Barcelona" en la convocatoria de 1984.



Cultivos de regadío 84



Cultivos de regadío 75/77

Figura 2

BIBLIOGRAFÍA.

- F.Baret, M.Huet, 1979.-Contribution a l'utilisation agronomique de la télédétection.
Publicación INRA.
- D.Steiner, M.E.Dirby, 1977.-Geometrical referencing of LANDSAT images by affine transformation and overlaying of mapa data.
Photogrametria, 33, pag.41-75, 1977
- R.Arbiol, M.T.Muns, J.Romeu, O.Viñas, 1984.-Estudi de la simulació SPOT sobre Catalunya.
Revista catalana de Geografia, 1, pag 27-44, Dic.1985
- E.Teicholz, 1978.-Processing satellite data.
Datamation, pag.117-132, June 1978.
- P.Anuta, M.Bauer, 1973.-An analysis of temporal data for crop species classification and urban change detection.
LARS information note, Purdue University, 1973.
- R.Arbiol, O.Viñas, J.M.Camarasa, 1983.-Un essai de cartographie de l'utilisation des sols en Catalogne.
Proceeding of a EARSEL/ESA Symposium on Remote Sensing applications for environmental studies. Belgium, April 1983.