

ANA BELÉN RUESCAS ORIENT\*

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA  
ESPACIO-TEMPORAL DE LOS USOS  
DEL SUELO MEDIANTE SISTEMAS  
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:  
la cabecera de la cuenca del Cànyoles

RESUMEN

La detección de los cambios de usos del suelo es una valiosa contribución al estudio de áreas Mediterráneas. Mediante un Sistema de Información Geográfico (SIG) y utilizando fotogramas aéreos en blanco y negro y las imágenes de los satélites IRS-1C PAN y Landsat 7-ETM, se elaboraron tres mapas de usos del suelo de los años 1956, 1977 y 1999. El análisis de los cambios se llevó a cabo con herramientas SIG y los resultados se muestran en tablas, mapas cronológicos de usos y mapas de cambios.

ABSTRACT

Detection of land use changes makes a valuable contribution to the study of Mediterranean zones. This paper studies land use changes in a small region of Valencia (Spain) over a 43-year period (1956-1999). Three different maps about land-use with dates 1956, 1977 and 1999 are created by means of a Geographic Information System (GIS). It integrates panchromatic aerial photographs and IRS-1C PAN satellite imagery, digitally merged with Landsat 7 ETM. The land-use change analysis is performed using GIS tools, and the results are expressed in tables, as well as in chronological and change maps.

INTRODUCCIÓN

En el trabajo aquí presentado se estudia la evolución de los usos del suelo en un sector del País Valenciano (España), concretamente una pequeña zona comprendida entre las comarcas de La Costera y La Vall d'Albaida, dentro de la provincia de Valencia. El área de unos 90 km<sup>2</sup>, pertenece a la cuenca de drenaje del Cànyoles, tributario del Xúquer,

---

\* Becaria de investigación F.P.I. de la Conselleria de Innovació i Competitivitat de la Generalitat Valenciana. Proyecto de investigación GVDRN 12-127-96: "Sistemas de Información Geográfica y modelización hidrológica de crecidas". Departament de Geografia, Universitat de València.

en su parte suroccidental. En un trabajo *in fieri* se está completando el análisis de toda la cuenca<sup>1</sup>.

Es un corredor situado en una zona de transición entre las estribaciones de las sierras pre-béticas y la meseta castellana, donde las sierras cubiertas de extensas pinadas alternan con valles de dedicación agrícola cerealística y vitícola casi exclusiva. El paisaje muestra una gama de colores peculiar, poco corriente en el resto de la provincia.

La evolución de la ocupación del suelo en un territorio supone la expresión visual más clara de los cambios socioeconómicos, e incluso políticos, que afectan a sus pobladores. Es decir, los cambios en los usos del suelo son la consecuencia de la historia de un lugar concreto. La correcta documentación y cartografía de estos cambios es relevante tanto para comprender el pasado, como para prever el futuro, especialmente en un área donde la disponibilidad de recursos, esencialmente el agua, es un factor limitante.

La elección del periodo de 1956 a 1999, se explica por la disponibilidad de los datos para la cartografía de fechas concretas: fotografías aéreas de 1956 y 1977 e imágenes de satélite de 1999. Es notable la posibilidad de observar cómo los cambios históricos han incidido en la construcción del paisaje: durante estos 43 años se ha pasado del periodo inmovilista de la posguerra franquista hasta el momento actual, integrados plenamente en la Unión Europea, adoptando políticas comunes con otros países.

La elaboración de la triple cartografía de usos del suelo y el análisis comparativo de la dinámica se ha llevado a cabo mediante el empleo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), ampliamente utilizado para estas tareas (AL-BAKRI *et al.*, 2001; CAMACHO OLMEDO *et al.*, 2000; LÓPEZ *et al.*, 2001; NUEL, 2000). Los mapas de 1956 y 1977 se realizaron mediante la interpretación visual de los fotogramas aéreos correspondientes y la digitalización en pantalla (FERNÁNDEZ GARCÍA, 2000). El mapa de usos de 1999 se extrajo, principalmente, de la clasificación automática aplicada sobre las imágenes de satélite (CHUVIECO, 2000). Los tres mapas se trataron con el software ILWIS (Integrated Land and Water Information System), mediante el cual se llevó a cabo el análisis de la información.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprende la cabecera de la cuenca del Cànyoles, situada al sur de la provincia de Valencia. Abarca casi la totalidad del término municipal de Fontanars dels Alforins, la parte occidental de la Font de la Figuera y la parte sudoriental del término municipal de Moixent, con aproximadamente 90 km<sup>2</sup> de extensión. Es una zona que forma parte de un área mucho mayor que engloba toda la cuenca de drenaje del Cànyoles (600 km<sup>2</sup>) hasta su desembocadura en el río Albaida. El mapa 1 muestra su localización en el País Valenciano, en la figura adyacente la línea blanca señala los límites de la cuenca.

La cuenca del Cànyoles se conecta con la meseta manchega al oeste, siendo la Font de la Figuera el último pueblo del valle del Cànyoles, en frontera con las tierras de Castilla. El área estudiada es un corredor flanqueado diagonalmente (de SO a NE) por la Serra

<sup>1</sup> La totalidad del trabajo anunciado se mostrará con la conclusión de la tesis de doctorado de Ana Belén Ruescas Orient: *Análisis de cambios en los usos del suelo en la cuenca del río Albaida (1956-1999) (in fieri)*

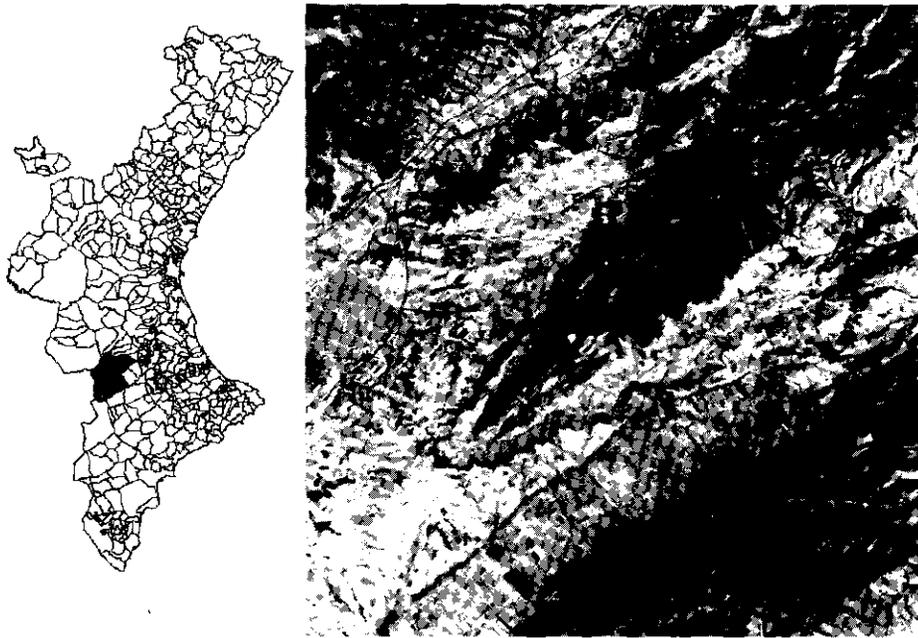


Figura 1. Localización de la zona de estudio. Abajo: composición en falso color de las bandas del sensor ETM 7, 4 y 3

Grossa (localmente denominada Serra de l'Ombria), formada por un conjunto de pliegues de tipo bético muy fracturados por fallas y afloramientos de materiales blandos del *Keuper*. Estos pliegues son atravesados fácilmente por barrancos. Al sur se alza la Serra de la Solana, que está formada de pliegues calcáreos cretácicos en una zona de transición entre el macizo del Caroig y las sierras béticas.

Entre los usos del suelo que caracterizan esta zona predominan las tierras de uso agrícola que ocupan el valle-corredor, limitadas por las sierras cubiertas de matorral mediterráneo y pinos. Existe en Fontanars dels Alforins una evidente relación entre el modelo de población tradicional, con gran concentración de tierras entre pocos propietarios, y el paisaje. Las plantaciones de viñas dominan visualmente en el terreno, entre los cultivos de trigo y los girasoles. Están presentes en los márgenes de barrancos y zonas de pendiente media, los almendros y los olivos, con extensiones de relativa importancia. Hay pocas zonas yermas, si bien se encuentran pequeñas parcelas en barbecho y algunas áreas próximas a las principales vías de comunicación donde crece una vegetación silvestre de escasa entidad.

La parte visible de Font de la Figuera, coincide con un gran llano de tierras fértiles para la agricultura, cubierta de viñas, olivos y regadíos. La disminución de estos últimos ha sido progresiva debido a la creciente imposibilidad de conseguir agua para riego, consecuencia principalmente a la sobreexplotación de los acuíferos. Esto mismo ocurre en Moixent, donde se suma el intento fracasado de aclimatación de los naranjos, en una zona

propensa a las heladas, demasiado alejada del mar y con muchas inversiones térmicas (PIQUERAS HABA, 1996). Aquí la agricultura también se ha dedicado tradicionalmente a los cultivos de secano (cereales, olivos, almendros y viña).

#### ELABORACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

Es necesario que la serie de datos disponible sea una fuente de información veraz y fiable. La calidad, entendida como la idoneidad para el uso (CHRISMAN, 1983), debe ser evaluada y constatada de forma previa a la utilización de los datos. En el presente caso hubo un periodo previo al análisis de la información, tiempo que se invirtió en la elaboración de la cartografía necesaria con un nivel de calidad aceptable. Desgraciadamente, la restricción en la disponibilidad de datos de partida (los fotogramas y las imágenes de satélite) no permite validar la idoneidad de éstos frente a otros datos (otras fechas más convenientes para observar los cambios, por ejemplo), pero sí se pueden indicar las imperfecciones, la falta de exactitud, quizás hasta el error de éstos (VAN DER WEL, 2000).

Para cuantificar los cambios en los usos del suelo durante el periodo estudiado, se constituyó una serie cronológica de mapas. La interpretación de los patrones de usos se hicieron sobre fotografías aéreas pancromáticas (años 1956 y 1977) y sobre imágenes de satélite (1999).

Se utilizaron dos software SIG para completar el proceso de elaboración de los mapas y su posterior análisis: Integrated Land and Water Information System (ILWIS) del ITC holandés; y MiraMon (Programa de visualització, consulta i edició de mapes ràsters i vectorials, © Xavier Pons).

El material utilizado en la elaboración de los mapas se resume en la Tabla 1 donde se especifica, a su vez, la leyenda apropiada para cada fecha cartografiada.

Tabla 1. Descripción del material utilizado y las leyendas de cada mapa

MAPAS DE USOS DEL SUELO	1956	1977	1999
MATERIAL	Fotografías aéreas, del vuelo americano. Escala 1: 33.000	Fotografías aéreas, del vuelo IRYDA. Escala 1: 18.000	Imágenes de satélite: IRS-1C PAN, Landast 7 EMT+
LEYENDA	Árboles frutales de secano, herbáceas, matorral, olivos, pinos, regadíos, urbano y viñedos.	Árboles frutales de secano, herbáceas, matorral, olivos, pinos, regadíos, urbano, viñedos y yermo.	Árboles frutales de secano, construcciones aisaladas, herbáceas, matorral, olivos, pinos, regadíos, urbano, viñedos y yermo.

### Los mapas de usos del suelo de 1956 y 1977

La elaboración de cartografía digital a partir de las fotografías aéreas y el proceso de digitalización en pantalla es bastante común cuando tratan de integrarse los datos en un SIG (VICENTE SERRANO *et al.*, 2000; PASCUAL, 2001). La fotografía aérea es el principal medio utilizado por la cartografía moderna para documentar un territorio. Para ello es necesario situar la imagen en el espacio (georreferenciación) y adjudicarle un sistema de proyección regular (ortorrectificación). Los pasos a seguir se resumen en los siguientes puntos:

1. Escaneado de las fotografías aéreas de la zona de estudio: la escala media de cada fotograma y la resolución requerida del pixel son claves a la hora de determinar los puntos por pulgada.<sup>2</sup> Corrección geométrica, con apoyo del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) cuando proceda (ortorrectificación). El proceso de ortorrectificación transforma las imágenes fotográficas en fotomapas al convertir el sistema de proyección cónico en ortogonal, reubicando en su verdadera posición a los objetos que en ellas se muestran. Una proyección cónica es aquella en la que todas las líneas de unión entre puntos homólogos pasan por un punto común llamado foco o centro de proyección. Es necesario, para poder realizar mediciones y extraer información métrica, disponer de los datos con una proyección central (ortogonal). La ortorrectificación digital está adquiriendo cada vez más importancia frente a los métodos analógicos (GONZÁLEZ DUGO, *et al.*, 2002)
2. Realización de un montaje (mosaico digital): al estar las imágenes corregidas geométricamente, permiten una superposición de sus diferentes componentes. El proceso suele consistir en el cálculo de los dos histogramas de las zonas comunes a las dos fotos, en la elección de una de ellas como referencia (imagen A) y en la traslación del histograma de la imagen A al sistema de referencia de la imagen B. (ICC, 1999).
3. Posteriormente se dibujan en pantalla, mediante el uso del cursor, los polígonos que encierran las parcelas del terreno con un determinado uso del suelo. Un polígono es un grupo de segmentos entrelazados que completan los límites de un área. A cada uno de los polígonos creados le es asignada una etiqueta identificativa con el uso que contiene. El último paso consiste en convertir este mapa de polígonos en un mapa ráster que permita compararlo con mapas provenientes de otras fuentes.

<sup>2</sup> El tamaño ideal del pixel viene determinado por la escala del documento de salida. El límite de la escala se estableció según la cartografía de apoyo para la georreferenciación (mapas digitales a escala 1:10.000). La escala 1:10.000 requiere una precisión de 2 m, así el tamaño del pixel de salida debe ser dicha medida. La digitalización, escaneado, del documento debe tener una densidad de barrido que esté en función de la escala media de la fotografía y del tamaño del pixel de salida:

$$R = 25,4001 / (P/E)$$

Donde,

- R es la densidad de barrido (puntos por pulgada o *dots per inch*, dpi)
- P es el tamaño del pixel de salida en milímetros
- E es el denominador de la escala del documento a escanear
- 25,4001 es la equivalencia de una pulgada en milímetros

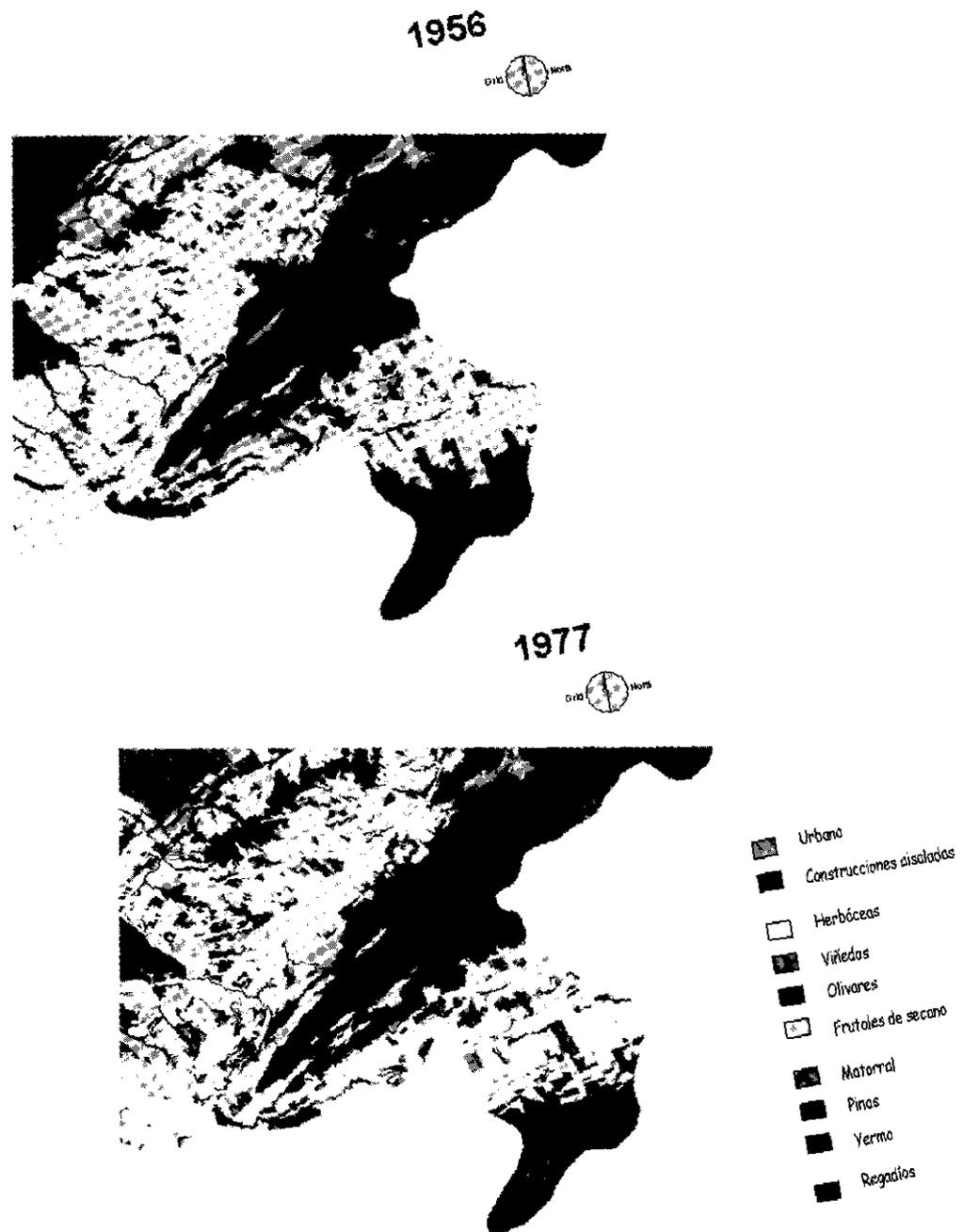


Figura 2. Selección de bandas y procesos previos a la clasificación.  
[6]

La creación de ortofotos a partir de la corrección geométrica con el MDE de las fotos aéreas tuvo resultados irregulares. Para aquellas fotos que cuentan con una abrupta topografía y escasas zonas llanas, se hizo uso de un MDE con una resolución de 25 m pixel (Servicio Geográfico del Ejército). El error medio cuadrático (*Root Mean Square*, RMS), del conjunto de las fotos corregidas ronda entre los 2 y los 6 metros. Este error es mayor en las fotografías con la menor escala (el vuelo americano del 1956 tiene una escala media de 1:33.000), y la realización de un mosaico con las fotos es una tarea casi imposible. El vuelo del IRYDA (1977) tuvo una más sencilla corrección y una precisión mayor en los resultados gracias a su detallada escala (E 1:18.000). El mosaico con estas fotos es bastante exacto.

El resultado de la tarea de fotointerpretación y digitalización puede observarse en la figura 2, donde se muestran los mapas de usos del suelo correspondientes a 1956 y 1977.

La fiabilidad de los presentes mapas difícilmente puede ser evaluada de manera cuantitativa, pero sí puede hacerse una somera referencia a su calidad. La fotointerpretación es un proceso en parte objetivo, y en gran parte subjetivo. A pesar de basarse en factores fotográficos estándares como el tono, la textura, el patrón, la forma y el tamaño, es casi imposible separar estas cuestiones físicas de la subjetividad de la percepción. Sin embargo, se debe señalar que dicha interpretación se realizó con sumo cuidado, y que, en la medida de lo posible está constatada con datos de verdad-terreno (mapas topográficos de los años correspondientes, mapas de cultivos y aprovechamiento, consulta de antiguas publicaciones, etc.).

#### *El mapa de usos del suelo de 1999*

La clasificación automática de las imágenes de satélite es un procedimiento muy utilizado en el procesamiento de las imágenes provenientes de satélites (CHUVIECO, 2000; JENSEN, 1996). Así, el mapa de usos de 1999 se construyó a partir de la clasificación supervisada de las imágenes de los satélites IRS-1C, sensor PAN (5.8 m de resolución espacial) y Landsat 7 ETM (bandas 3, 4 y 7, de 30 m de resolución)<sup>3</sup>. El tratamiento previo realizado sobre las imágenes de satélite se resume en el siguiente esquema (figura 3).

En la figura 3 podemos observar cual es el tratamiento previo a la clasificación que se aplica a las imágenes de satélite. Éstas son de dos sensores diferentes, y para su integración hubo que reescalar el tamaño del pixel a una medida determinada y georreferenciar-

<sup>3</sup> El satélite IRS-1C posee una órbita heliosíncrona, polar (98,69°), con una altitud de 817 km. Su resolución temporal es de 24 días. Los sensores a bordo son radiómetros denominados exploradores de empuje. Son tres: una cámara pancromática PAN, un sensor multispectral LISS-III y una cámara de amplia visión WiFS. Las imágenes utilizadas corresponden al sensor PAN que proporciona datos entre 0.50 y 0.75  $\mu\text{m}$ , con una resolución espacial de 5.8 m, con un tamaño de las escenas o franja de barrido de 70 x 70 m y con capacidad para producir pares estereoscópicos.

El satélite Landsat 7 ETM, de órbita heliosíncrona, polar (98,9°), con una altitud de 705 km. Su resolución temporal es de 16 días. Los sensores a bordo son radiómetros multispectrales con 8 bandas (es el sensor Thematic Mapper mejorado): el ETM registra la radiación en 8 bandas, tres de ellas en el rango del visible (30 m de resolución espacial), una nueva banda pancromática de 15 m de resolución espacial, una banda en el infrarrojo próximo, dos en el infrarrojo medio (las tres con 30 m de resolución espacial) y una en el térmico (120 m de resolución espacial).

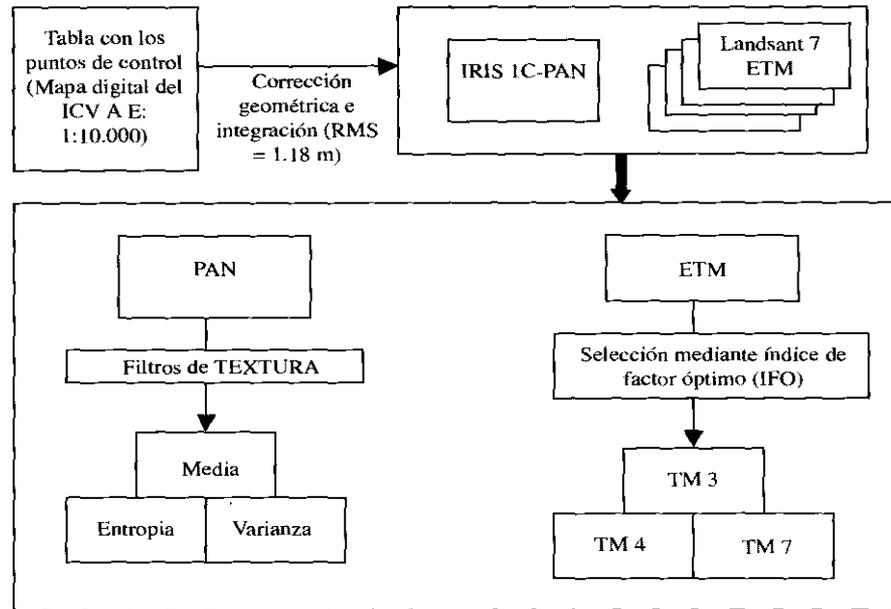


Figura 3. Tratamiento de las imágenes de satélite.

Tabla 2. Matriz de confusión del mapa de usos del suelo de 1999

	HERB	VIÑA	OLIV	FSEC	MAT	PINO	URB	REG	CONST	TOTAL	Exac.Pr	E.O.
HERB	18789	2155	725	2906	108	62	0	0	0	24745	0.76	0.24
VIÑA	4570	14985	1144	1271	23	96	0	492	0	22581	0.66	0.34
OLIV	817	0	3461	30	3	115	0	0	0	4426	0.78	0.22
FRUSEC	2297	704	1766	2552	6	9	0	0	0	7334	0.35	0.65
MATORR	0	0	279	78	2110	983	0	0	0	3450	0.58	0.42
PINO	238	8	262	80	877	10865	0	0	0	12330	0.88	0.12
URBANO	0	0	0	0	0	0	278	0	0	278	1	0
REGADÍO	0	0	2	0	0	0	0	938	0	940	1	0
CONSTR.	0	33	65	42	31	0	0	0	165.00	336	0.49	0.51
YERMO	2	0	0	0	255	0	0	0	0	257	0	1
Exac.Usu	0.7	0.84	0.45	0.37	0.67	0.9	1	1	1	76677		
E.C	0.3	0.16	0.55	0.18	0.33	0.1	0	0	0			70.60

Exac.Usu: exactitud del usuario; E.C.: errores de comisión (cubiertas del mapa que no se ajustan a la realidad); Exac.Pr: exactitud del productor; E.O.: errores de omisión (cubiertas reales que no se incluyeron en el mapa).

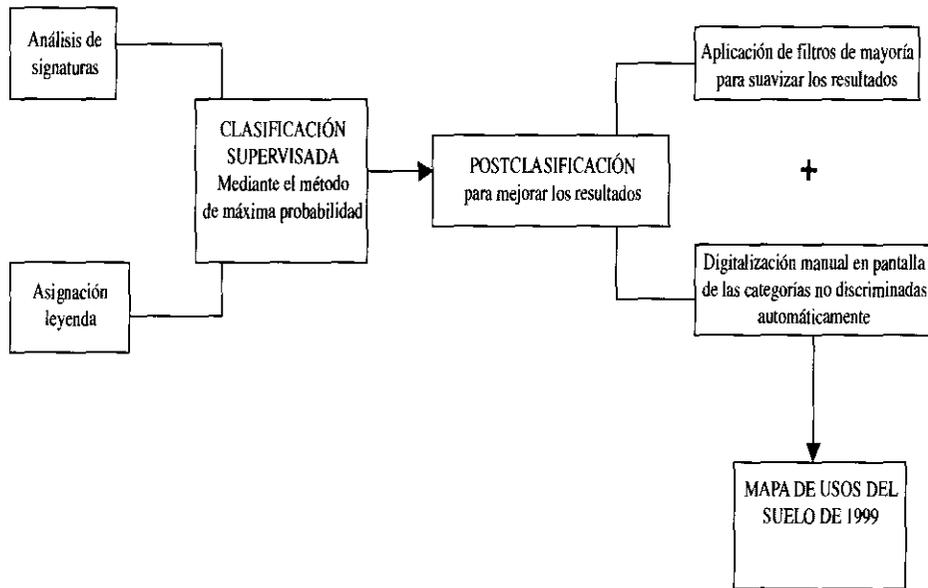


Figura 4. Proceso de clasificación y post-clasificación de las imágenes de satélite.

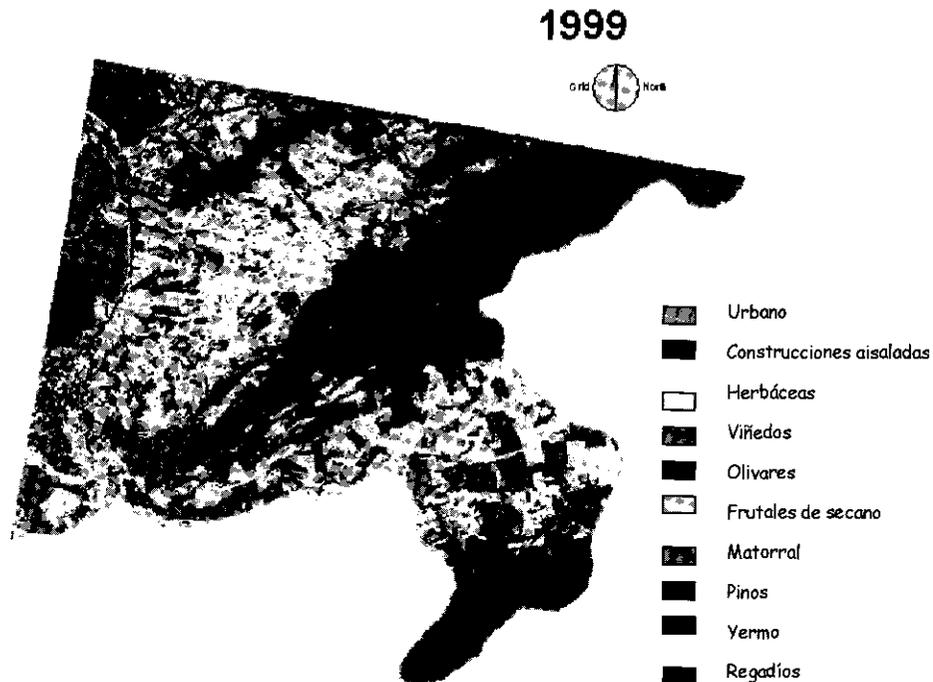


Figura 5. Mapa de usos del suelo de 1999

las con el mismo sistema de coordenadas que, a su vez, coincide con las de un mapa ortogonal (coordenadas UTM). Posteriormente se seleccionaron las bandas menos correlacionadas entre sí, utilizando un Índice de Factor Óptimo (IFO) y se extrajeron imágenes de textura mediante la aplicación de filtros (RYHERD y WOODCOCK, 1996; STUCKENS, *et al.*, 2000).

La figura 4 resume el proceso de clasificación y post-clasificación. La fiabilidad del mapa elaborado se comprueba mediante una matriz de confusión (Tabla 2) (STORY y CONGALTON, 1986). Mediante esta matriz se contrasta el mapa con una imagen de parcelas verdad-terreno previamente elaborada y verificada en campo. El resultado muestra un porcentaje global de fiabilidad superior al 70%. Por categorías los resultados son variables y eso se observa claramente en las exactitudes del productor y del usuario (indicativas de los errores de omisión y comisión respectivamente). Las clases con los errores de comisión más bajos son el urbano, los regadíos, las construcciones aisladas, los pinos y la viña. Mayores errores presentan las herbáceas y el matorral (en torno al 30%), siendo destacable el error de los olivos y los frutales de secano.

Una vez obtenido el mapa de interés (figura 5), el primer paso en el análisis de los resultados consiste en la extracción de datos estadísticos, como la ocupación del suelo por tipos de usos en hectáreas.

#### ANÁLISIS DE CAMBIOS DE USOS MEDIANTE SIG

La utilización de un SIG en trabajos como el aquí presentado supone una serie de ventajas frente a los métodos tradicionales. La integración de datos de diferente naturaleza en un SIG es una práctica empleada en muchas investigaciones (CAMACHO OLMEDO *et al.*, 2000; COMAS, 1992; PALACIOS MORERA, 1994). La teledetección como fuente de datos para el SIG resulta considerablemente útil, sobre todo en materia de inventariado de cultivos y en el estudio de cambios. Esto se debe a la repetición de la toma de escenas y la resolución y calidad de las imágenes. Algunos ejemplos de estas aplicaciones pueden comprobarse en los trabajos de Brocal (2000) y Singh (1989).

La información derivada de los datos de entrada (los mapas) puede mostrarse en forma de tablas, de gráficos e incluso de otros mapas. Un primer dato es la superficie ocupada por cada uso del suelo en los tres mapas. En la tabla 3 se comparan las superficies en hectáreas.

Según las cifras obtenidas podemos sacar una primera conclusión acerca de los cambios: en el mapa de 1999 se observan por primera vez algunas construcciones aisladas, esto se debe a que la escala de la imagen es mayor y pudieron observarse elementos que en las fotografías anteriores no era posible detectar. Aumentan considerablemente los usos destinados a los frutales de secano, los olivos y las viñas en detrimento de las herbáceas. La extensión de pinos crece en 1977, pero merma en 1999 a causa de los incendios. Los matorrales ganan terreno por esta misma causa. Los regadíos varían poco, aunque hay una tendencia a su disminución, y las pocas tierras yermas, que suelen corresponder o bien a barrancos o bien a zonas próximas a la construcción de carreteras, tiene poca importancia en superficie. La clase "urbano" aumenta paulatinamente.

Tabla 3. Superficie (ha) ocupada por cada categoría de usos del suelo en 1956, 1977 y 1999

USOS DEL SUELO	1956	1977	1999
Construcciones	0	0	2.5
Frutales de secano	441.27	362.51	1118.07
herbáceas	3861.39	3993.38	1720.88
matorral	398.63	431.76	1068.14
olivos	675	440.33	1260.13
pinos	2848.26	3069.09	2301.33
regadíos	190.88	121.25	109.95
urbano	6.31	13	20.69
viñedos	384.02	361.7	1196.51
yermo	0	5.75	3.07

Tabla 4. Cambios en los usos del suelo entre 1956 -1977 y entre 1977-1999

USOS	VARIACIÓN hectáreas	
	1956-1977	1977-1999
frutos secos	-78.76	755.56
herbáceas	131.99	-2272.5
matorral	33.13	636.38
olivos	-234.67	819.8
pinos	220.83	-767.76
regadíos	-69.63	-11.3
urbano	6.69	7.69
viñedos	-22.32	834.81
yermo	5.75	2.68

Para establecer numéricamente el cambio observado en cada uso se ha elaborado una tabla resumen de la dinámica por categorías. Con objeto de no causar confusión, se han ido comparando los mapas por pares, progresivamente en el tiempo (tabla 4).

Lo más destacable del periodo 56-77 es el aumento considerable del cultivo de herbáceas (cereales) y de los pinos (por abandono de los campos de olivos y almendros principalmente). La tendencia contraria, la reducción de extensión, la experimentan las clases de arbolado de secano junto con las viñas.

El segundo periodo invierte la tendencia, disminuyendo el cultivo de cereales y aumentando el de frutales de secano y viñedos. También las pinadas manifiestan una regresión importante, revirtiendo sobre los matorrales principalmente. Es interesante observar cómo el crecimiento urbano parece ralentizarse en este periodo, consecuencia directa de la disminución del número de habitantes.

Una de las ventajas de la utilización de un SIG para el análisis evolutivo, es la posibilidad de observar y cuantificar gráficamente los cambios que afectan a cada clase. A partir de los mapas originales se elaboró una tabla bidimensional. Esta tabla se utiliza para combinar o reclasificar dos mapas con un solo identificador de clase, definiendo un valor

Tabla 5. Cambio de uso del suelo por categorías. Período 1956-1977.

En negrita se señalan las hectáreas que han permanecido invariables

1956	1977								
	FRU.SEC.	HERBÁCEAS	MATORRAL	OLIVOS	PINOS	REGADÍOS	URBANO	VIÑAS	YERMO
FRU.SEC.	<b>53.69</b>	250.38	3.19	75.13	56.88	0	0	2	0
HERBÁCEAS	242.75	<b>2958.31</b>	18.88	132.38	212.38	2.19	7.25	287.25	0
MATORRAL	0.69	1.81	<b>236.94</b>	0.44	157.44	0	0	0	1.31
OLIVOS	42.31	308.94	26.06	<b>202.25</b>	81.69	0	0	13.75	0
PINOS	13.81	105.75	141.94	19.69	<b>2553.44</b>	0.69	0	9.63	3.31
REGADÍOS	5.06	58.13	1.25	1.06	5.44	<b>119.13</b>	0	0.81	0
URBANO	0	0	0	0	0	0	<b>6.31</b>	0	0
VIÑAS	4.44	313.94	4.13	9.63	2.25	0	0	<b>48.38</b>	1.25

para cada posible combinación de las clases de entrada. En dicha tabla se cruzaron los dominios<sup>4</sup> de los mapas que interesaba comparar y manualmente se construyó una leyenda que muestra los cambios que acontecieron según cada combinación de clases. Las tablas 5 y 6 muestran las superficies, en hectáreas, ocupadas por cada categoría y los cambios hacia los que cada una ha derivado.

La facilidad de construcción de las tablas bidimensionales y la posibilidad de crear mapas de evolución global por periodos a partir de éstas, es una prueba válida de la importancia del empleo del SIG en los estudios evolutivos. Mediante los mapas de dinámica por periodos es posible discriminar cada una de las categorías que sufren cambios y visualizar, no sólo la extensión del cambio, sino también el uso hacia el que se ha producido dicha variación.

Sin embargo, estos mapas globales tienen una debilidad que hay que tener en cuenta, y es la extensión de su leyenda. Si cruzamos la totalidad de las clases de ambos mapas, por ejemplo, las 8 categorías del mapa de usos de 1956 con las 9 categorías de 1977, obtenemos un total de 72 categorías en la leyenda del nuevo mapa. Esta profusión de clases hace que el mapa sea poco práctico, máxime cuando algunas de ellas ni siquiera están representadas en la realidad.

Por ello una opción interesante que permiten las tablas bidimensionales, es su elaboración por categoría de interés, pudiéndose extraer los mapas correspondientes con relativa sencillez. A continuación se muestra un ejemplo de estos mapas de cambios: la figura 6 es el mapa de evolución de las herbáceas, desde 1956 hacia 1977. En el mapa se observa la gran extensión ocupada aún por los cereales y, constatando los datos de la tabla arriba presentada, cómo se producen ligeras variaciones hacia otras categorías como las viñas y los árboles frutales de secano (almendros principalmente). También se ve la ligera recuperación de los pinos en zonas más escarpadas. Es fácilmente identificable la extensión del núcleo urbano de Fontanars dels Alforins.

<sup>4</sup> Dominio: es un objeto de servicio en ILWIS (The Integrated Land and Water Information System): almacena los identificadores, los nombres de las clases o valores que utiliza un objeto (un mapa). Todos los objetos tienen un dominio, y éste puede ser compartido por varios objetos.

Tabla 6. Cambio de uso del suelo por categorías. Período 1977-1999.  
En negrita se señalan las hectáreas que han permanecido invariables

1977	1999								
	FRU.SEC.	HERBÁCEAS	MATORRAL	OLIVOS	PINOS	REGADÍOS	URBANO	VIÑAS	YERMO
FRU.SEC.	<b>98.31</b>	68.94	12	114.38	20	4.13	0	44.75	0
HERBÁCEAS	788.56	<b>1391.25</b>	80.44	701.81	63.88	19.94	7.75	939.75	0
MATORRAL	25.38	12.44	<b>201.06</b>	36.50	150.88	0	0	2.75	2.75
OLIVOS	89.88	51.31	27.19	<b>202.88</b>	27.13	1.19	0	40.56	0.19
PINOS	57.69	50	746.13	153.69	<b>2036.69</b>	0.38	0	24.38	0.13
REGADÍOS	6.56	16.13	0.38	9.50	0.06	<b>84.31</b>	0	4.31	0
URBANO	0	0	0	0.06	0	0	<b>12.94</b>	0	0
VIÑAS	50.63	130	0.94	39.06	2.69	0	0	<b>138.38</b>	0
YERMO	1.06	0.81	0	2.25	0	0	0	1.63	<b>0</b>



Figura 6. Dinámica de la clase herbácea: cambios de uso de 1956 a 1977.

## FACTORES EXPLICATIVOS DE LA DINÁMICA DE CAMBIOS OBSERVADA

Los factores que explican la dinámica de los usos del suelo en este territorio hacen referencia a la actividad económica prioritaria, la agricultura. Las actividades agrícolas se relacionan a su vez con el modelo de población tradicional. Así la fisonomía del paisaje en Fontanars dels Alforins, por ejemplo, se vincula a las 80 grandes masías que durante el siglo XIX se dedicaron a la labranza, pastos y leñas, con cotos privados de caza. Hasta 1927, y debido a los intereses de los grandes propietarios vitícolas, Fontanars no se constituyó como municipio (PIQUERAS HABA, 1996). Esto supone un determinado patrón en la propiedad de la tierra que responde a la concentración de parcelas en pocas manos y que ha marcado profundamente la dedicación agrícola del suelo.

Los cultivos herbáceos o de cereales (trigo, cebada, maíz y girasol), las viñas y los cultivos arbóreos de secano (almendros y olivos) son hegemónicos a lo largo del todo el periodo en el conjunto de la zona. En los últimos años se ha dado una creciente extensión de los girasoles, cosechas anuales que ayudan a regenerar la tierra para el cultivo del trigo: desde 1993, una reforma de la PAC asigna compensaciones directas a los agricultores donde se priman los cultivos herbáceos, estableciendo subvenciones para el barbecho que beneficiaron el cultivo de girasol.

En la década de los noventa ha habido un rápido aumento de las extensiones dedicadas a los almendros y los olivos en detrimento de los cultivos cerealísticos. Es un dato importante indicar que hace 40 años, los almendros sólo estaban presentes en las orillas de los campos, sin embargo, en 1999 se había duplicado su cultivo.

El auge de los cultivos de secano se explica con la aplicación de la política agrícola comunitaria (PAC), tras la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (CEE), ahora Unión Europea (UE). Aunque el País Valenciano se vio afectado menos que otras áreas, las cosechas de viñas y olivos empezaron a sentir sus efectos desde 1987. Igual o mayor importancia que la legislación comunitaria, tiene la legislación complementaria española, donde se establecen las normas sobre las ayudas estructurales y se legislan las primas por el abandono de las plantaciones.

Uno de los sectores más afectados por la PAC es el vitivinícola. A partir de 1987 se adoptaron las medidas sobre destilación y almacenamiento del vino y se establecieron los mercados representativos del vino y las variedades de vid recomendadas y autorizadas (reglamento 418/86). Se determinó la reconversión de los viñedos constituidos por híbridos en todo el territorio nacional (BOE 126 de 7.5.1986). Esto supuso el arranque de cepas, acción que debía llevarse a cabo antes del 3.12.1990. Sólo se autorizaron nuevas plantaciones de viñedo en aquellas zonas que tenían denominación de origen no excendentarias, para producir vinos en cantidad inferior a la demanda (RD 1772/1986).

En la Font de la Figuera durante la década de los noventa, se procedió al arranque masivo de las cepas según las directrices de las ayudas comunitarias. Sin embargo, la profusión de las cooperativas vitícolas, e incluso la creación de una planta embotelladora y marcas propias registradas, han añadido valor a estas explotaciones, lo que ha hecho aumentar considerablemente su extensión en los tres municipios estudiados.

Con respecto a los usos no agrícolas, se debe destacar las pinadas de la Serra Grossa, más extensas en los años 70, que se han visto perjudicadas por los incendios de los últimos años. En el caso de Moixent, más de la mitad de su superficie es forestal y de pastos (6.472 ha en el censo agrario de 1999). Sin embargo, la explotación forestal (extracción de madera), los incendios y el pastoreo están favoreciendo la deforestación. Esto se traduce en un crecimiento significativo de la mancha de matorral en las últimas décadas.

En los mapas presentes, sólo se observa el desarrollo de Fontanars y el curioso avance de dos focos urbanos cercanos a dicha población, Casas de Ventura y Casas de Vidal. Aunque la población de Fontanars ha disminuido durante el periodo de estudio, no ha supuesto un freno para el crecimiento urbano, ya que la vivienda se ha mantenido como segunda residencia.

### CONCLUSIONES

La elaboración de mapas de usos del suelo, a partir de fotografías aéreas e imágenes de satélite en una misma área, alcanzan el propósito de mostrar la serie cronológica del periodo estudiado.

La creación y manipulación de cartografía temática mediante herramientas SIG, facilita en gran medida el trabajo del geógrafo-analista puesto que permite la creación de mapas de cambios por periodos y tablas que muestran la estadística de dichas variaciones de una manera sencilla, rápida y clara.

En la presente zona de estudio, los cambios en los usos del suelo se hacen evidentes en las tablas bidimensionales creadas a tal efecto, y de las cuales se derivan los mapas de cambios globales y por categoría de usos.

El análisis de los cambios concluye que hay una mayor dinámica en el segundo periodo estudiado (1977-1999), cuando la aplicación de la PAC y sus posteriores reformas, afectan principalmente a los cultivos de cereales, viñas y frutales de secano.

### AGRADECIMIENTOS

Le agradezco sinceramente a M<sup>a</sup> José López su apoyo incondicional y su participación en la revisión y corrección de este artículo. Gracias a Juan Mateu por sus labores de dirección. Y gracias a Adolfo Calvo por prestarme el software "MiraMon" y por sus consejos.

### BIBLIOGRAFÍA

- AL-BARKI, J.T., TAYLOR, J.C. y BREWER, T.R. (2001): Monitoring land use change in the badia transition zone in Jordan using aerial photography and satellite imagery. *The Geographical Journal*, 167-3, 248-262
- BROCAL RUIZ, R. (2000): *Cambios en la línea de costa entre el Cap de Cullera y Tavernes de la Valldigna mediante teledetección (1956-1999)*. Proyecto de fin de carrera; Facultat de Geografia i Història, Universitat de València.

- CAMACHO OLMEDO, M.T., PAGELow, M., MENOR TORIBIO, J. (2000): Límites y aportaciones de los sistemas de información geográfica para trazar la dinámica espacio-temporal del paisaje en áreas montañosas mediterráneas. *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*. pp. 381-401
- CHUVIECO, E. (2000): *Fundamentos de Teledetección espacial*. (3ª ed.) Ed. Rialp, Madrid. 568 pp.
- CHRISMAN, N.R. (1983): The role of quality information in the long-term functioning of a GIS. Proceedings of *AUTOCARTO*, vol. 2. ASPRS, Falls Church, pp. 303-321
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2000): *Introducción a la fotointerpretación*. Ariel Geografía, Barcelona. 253 pp.
- GONZÁLEZ DUGO, M.P.; SÁNCHEZ TRIGO, M.C.; ORTIZ SÁNCHEZ, V.; TIRADO VALENCIA, J.L. y MUÑOZ RASTRERO, A. (2002): Control de solicitudes de ayudas por superficie para la campaña de comercialización 1996-1997 (cosecha de 1996), asistido mediante fotografía aérea en la comunidad autónoma de Andalucía. <http://www.api.uniovi.es/aei-pro/finderarchivos/GC-11.html>
- Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC, 1999): *La producció de ortofotos digitals en el ICC*. <http://www.icc.es>
- JENSEN, J.R. (1996): *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective* (2nd ed.) , Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- LÓPEZ, E., BOCCO, G., MENDOZA, M. y DUHAU, E. (2001): Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe. A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and urban planning* 55, 271-285
- NUELL, H. (2000): Metodología para el análisis de la evolución de los usos del suelo en la Costa Brava. *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*. pp. 711-717
- PASCUAL, J.A. (2001): *Cambios de usos del suelo y régimen hídrico en la rambla de Poyo y el Barranc de Carraixet*. Tesis doctoral. Universitat de València.
- PIQUERAS HABA, J. et al. (1996): *Geografía de les Comarques Valencianes*. Edita Foro Ediciones, S.L. Valencia.
- RYHERD, S. and WOODCOCK, C. (1996): Combining spectral and textural data in the segmentation of remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 62-2. 181-194
- SINGH, A. (1989): Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10-6, pp. 989-1003
- STORY, M. and CONGALTON, R.G. (1986): Accuracy assesment: a user's perspective. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 52-3. 397-399
- STUCKENS, J.; COPPIN, P.R. and BAUER, M.E. (2000): Integrating contextual information with per pixel classification for improved land cover classification. *Remote Sensing of Environment*, 71, 282-296
- VAN DER WEL, F. (2000): *Assessment and visualisation of uncertainty in remote sensing land cover classifications*. Faculteit Ruimtelijke WenschappenUniversiteit Utrecht. 209 pp.
- VICENTE SERRANO, S.M., BEGUERÍA, S. y LASANTA, T. (2000): El proceso de revegetación de un área de montaña como consecuencia de los cambios de gestión: aplicación de un SIG al valle del Borau (Pirineo Central Español). *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*, pp. 448-469