

SEGUIMIENTO DEL PAISAJE AGRICOLA DEL NORDESTE DE CATALUÑA A TRAVES DE TELEDETECCION*

Pere Serra Ruiz¹, David Saurí Pujol¹ y Xavier Pons Fernández^{1, 2}
Universidad Autónoma de Barcelona

RESUMEN

El artículo presenta los resultados obtenidos en el seguimiento de los cultivos de la llanura de la comarca del Alto Ampurdán (situada al nordeste de Cataluña) en tres diferentes periodos, desde principios de los 1990s hasta el 2004, a través de imágenes de satélite. La metodología usada para la obtención de los mapas de cultivos de los tres periodos se basa en un clasificador automático híbrido ampliamente contrastado debido a su elevada exactitud temática. Con el objetivo de verificar la hipótesis de que la Política Agrícola Común ha sido, en gran medida, la responsable de los cambios agrícolas, se analiza la evolución de los pagos compensatorios. A continuación se calcula para cada uno de los mapas obtenidos diversos índices paisajísticos con el objetivo de cuantificar la posible fragmentación u homogeneización de los distintos cultivos. Los resultados muestran, durante los catorce años analizados, la elevada correlación entre los pagos compensatorios y la superficie de los cultivos herbáceos. Las consecuencias en el paisaje de esta correspondencia muestran la tendencia a la fragmentación de los cereales de invierno y de los otros herbáceos de regadío y la tendencia a la homogeneización del girasol, especialmente entre el primer y segundo periodo, y del maíz de regadío.

Palabras clave: Mapa de cultivos, Política Agraria Común, teledetección, índices paisajísticos,

ABSTRACT

This article presents the results obtained in crop monitoring using satellite images from the Ampurdán region (located in the northeast of Catalonia) in three different periods, since the beginning of 1990s to 2004. The methodology used for crop

* Fecha de recepción: 16 de octubre de 2006.

Fecha de aceptación y versión final: 18 de diciembre de 2006.

¹ Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Barcelona. Edificio B. 08193 BELLATERRA. Barcelona. (España). E-mail: david.sauri@uab.es; pere.serra@uab.es; Xavier.Pons@uab.cat

² Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). Universidad Autónoma de Barcelona. Edificio C. 08193 BELLATERRA. Barcelona. (España). E-mail: Xavier.Pons@uab.cat

mapping of each period is based on a hybrid automatic classifier widely contrasted due to its high thematic accuracy. With the objective to verify the hypothesis that the Common Agricultural Policy has been, to a great extent, the reason of agricultural changes, evolution of compensatory payments is analyzed. Next, for each of the obtained maps diverse landscape indices are calculated with the objective to quantify fragmentation or homogenization of the different cultures. Results show, during the fourteen analyzed years, a high correlation between the compensatory payments and the surface of herbaceous crops. Landscape consequences of this relationship show the tendency to fragmentation of winter cereals and of other irrigated herbaceous and the tendency to homogenization of sunflower, especially between the first and second period, and of irrigated maize.

Key words: Crop maps, Common Agrarian Policy, remote sensing, landscape metrics.

1. INTRODUCCIÓN

Posiblemente, uno de los aspectos menos desarrollados en los estudios paisajísticos son las causas de los cambios, o sea, el análisis de las fuerzas inductoras de las transformaciones paisajísticas. Desde la incorporación de España en la Comunidad Europea, la Política Agrícola Común (PAC) es una de las fuerzas inductoras de los cambios agrícolas más importante de los últimos años tal como lo ratifican los trabajos en Aragón de Calvo et al. (1999), en la Comunidad Valenciana de Avellà et al. (2001), o en Andalucía de Castillo et al. (2001), o en Cataluña de Serra et al. (2005a), entre otros. Mientras que las consecuencias económicas (por ejemplo en Castillo et al., 2001) y medioambientales (por ejemplo en Cantó, 2006) de la PAC han sido ampliamente tratadas, las consecuencias paisajísticas de los cambios agrícolas han sido poco analizadas a pesar de su significativa importancia (Viladomiu y Rosell, 2004).

Para el análisis de las dinámicas paisajísticas desde un enfoque cartográfico o espacial dos requerimientos son precisos: por un lado, los mapas de cultivos que permitan localizar y cuantificar la extensión y evolución de cada uno de ellos y, por el otro, la aplicación de métricas paisajísticas que permita analizar su dinámica espacial, a través, por ejemplo, de la cuantificación de la forma de las parcelas agrarias o de su disposición sobre el territorio.

El conocimiento de la localización y extensión de los cultivos ha mejorado ampliamente con la aplicación de los sistemas de información geográfica y de la teledetección. Existen multitud de trabajos que a través de dichas herramientas y técnicas se obtienen mapas de cultivos con una elevada fiabilidad (Calera et al. 1999; Serra et al., 2001; Casterad y Martín-Ordóñez, 2004). En este sentido cabe destacar la importancia del tipo de cultivo a discriminar ya que algunos presentan una diferenciación más cómoda debido a sus características agronómicas, como por ejemplo el arroz debido a que se cultiva en condiciones de inundación, mientras que otros más difícil, como por ejemplo la alfalfa debido a su carácter perenne a lo largo del año. Otro factor significativo es el tamaño de las

parcelas agrarias, ya que, en general, los cultivos mediterráneos presentan una fragmentación mayor hecho que dificulta su clasificación (Serra et al., 2003).

Existen diversos ejemplos de investigaciones donde se calculan índices paisajísticos aplicados a las cubiertas y/o usos del suelo obtenidos con teledetección; son algunos ejemplos Quattrochi y Pelletier (1991), Clifford (1994), Chuvieco (1996), Geoghegan et al. (1998), Palang et al. (1998), Nielsen y Paracchini (1999), Antrop y Eetvelde (2000) o Luque (2000). En el trabajo de Luque (2000), por ejemplo, el investigador concluye que la fragmentación forestal es perceptible en el descenso del área media de las manchas. Este hecho confirma que, en general, la fragmentación o partición de un área homogénea es vista como negativa ya que comporta la pérdida de conectividad, el aislamiento de especies, etc.

Sin embargo, resulta más difícil encontrar trabajos específicos aplicados a los paisajes agrícolas, posiblemente por las dificultades intrínsecas que comportan, especialmente debido a los significativos cambios fenológicos en un corto espacio temporal. Así, pues, el objetivo del artículo radica en el análisis de las consecuencias paisajísticas de los cambios agrícolas fruto de la aplicación de la PAC en un área rural del Mediterráneo. La hipótesis de trabajo a contrastar reside en que los agricultores del área de estudio han tendido a cultivar, cuando las condiciones de la explotación lo han permitido, aquellos cultivos más subvencionados por la PAC y que las consecuencias en el paisaje han dado lugar a áreas más extensas y, por tanto, más homogéneas. El tiempo analizado comprende tres periodos, desde inicios de los años 1990s, mediados de los 1990s y principios de los 2000s. Se han escogido estas fechas debido a la disponibilidad de imágenes de satélite y porque son representativos de los cambios agrícolas, como se detallará en los resultados.

El trabajo se estructura en una breve introducción del área de estudio y de las transformaciones históricas más significativas, para a continuación sintetizar las reformas más importantes de la PAC desde la incorporación de España a la Comunidad Europea. Seguidamente, se detalla la metodología empleada para la obtención de los mapas de cultivos de los respectivos periodos y, a continuación, se especifica los índices paisajísticos empleados para el análisis de las dinámicas en el paisaje.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca nueve municipios de la comarca del Alt Empordà, situada en el nordeste de Cataluña, con una área total de 15 695 ha (figura 1). Se trata de un área muy llana con una altitud entre los 0 y 100 m (figura 2) y con un elevado predominio de cultivos herbáceos y, más recientemente, de cultivos leñosos. El área comprende extensas zonas de marismas, que como veremos se encuentran actualmente protegidas. Para una mayor comprensión se presenta un breve resumen de los episodios históricos más importantes.



Figura 1. Área de estudio en color negro.

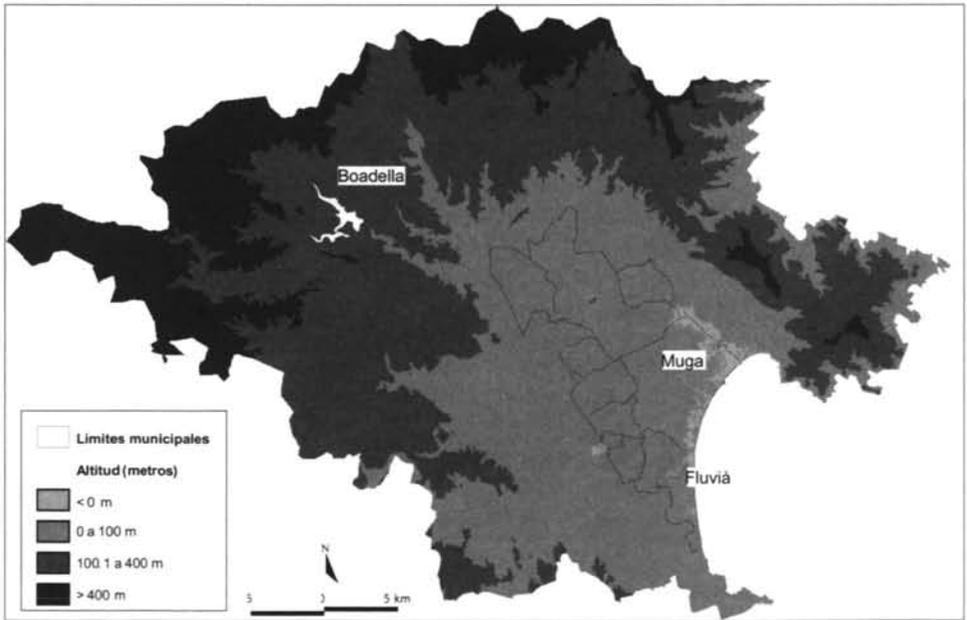


Figura 2. Límites municipales y altitud del área de estudio.

En el s. XVIII la agricultura tradicional, basada en la rotación de los cereales con el barbecho, se transformó con la aparición de nuevas técnicas agrícolas, provenientes del sur de Francia, y la introducción de nuevos cultivos, básicamente el maíz, los forrajes de tipo rotativo y la patata. Este cambio fue impulsado por el crecimiento demográfico y por el incremento de la superficie cultivada, gracias a la nueva desecación de lagos y lagunas y al desvío de la desembocadura de los ríos Fluvià y Muga. Durante el s. XIX se produjo una nueva expansión de la superficie cultivada, relacionada con la desamortización, a través de la desecación de más lagunas, empleando minas y bombas de agua, y del incremento de la mecanización. En ese periodo se instauró la trilogía clásica de cultivos herbáceos: cereales de invierno, maíz y alfalfa.

A partir de 1966, tuvo lugar una importante transformación en el sector agrícola debido a la construcción del pantano de Boadella y al inicio del proyecto del Plan de Regadío del río Muga (MAPA, 1989). El plan constaba inicialmente de siete sectores habiéndose finalizado a finales de los 1980s los sectores I i II, con una superficie regada de 2.433 ha, mientras que los sectores III, IV i V se finalizaron posteriormente, con una superficie de 3.448 ha. Finalmente, los dos últimos sectores, el VI y VII, aún no se han desarrollado.

A mediados de los años 1960s, el sector agrario ampurdanés se caracterizaba por la reducida superficie del regadío (un 14% del total territorial), por la fragmentación parcelaria (el 64,5% de la parcelas ocupaban menos de 1 ha) y por la importancia de la aparcería (casi un 25% de la tierra tenía ese régimen de tenencia) (INE, 1964). A finales de los 1990s, la superficie regada había incrementado hasta el 31,6%, mientras que la propiedad y el arrendamiento aparecían, prácticamente, como los únicos regímenes de tenencia de la tierra.

La aparición del turismo de masas y de segunda residencia tuvo un fuerte impacto en los municipios costeros, principalmente a partir de mediados de 1960 con el inicio de la macrourbanización Empúriabrava (que actualmente ocupa más de 500 ha) que comportó la desaparición de marismas y cultivos, en una etapa predemocrática que estimuló la especulación en los años venideros. A pesar del desmesurado afán constructivo, la presión popular pudo detener nuevas iniciativas constructoras y crear el Parque de los Aiguamolls (marismas) del Ampurdán, que protege actualmente los últimos vestigios de las antiguamente extensas marismas ampurdanesas.

3. EVOLUCIÓN DE LA POLÍTICA AGRÍCOLA COMÚN

La incorporación de España a la Comunidad Europea en enero de 1986 conllevó, entre otros aspectos, la aproximación de los precios institucionales españoles a los comunitarios, la aplicación de cuotas de producción y de los precios de intervención comunitarios. Inicialmente la PAC (Tratado de Roma: 1957-60) pretendía dar respuesta a cinco objetivos básicos (Viladomiu, 1994): primero, incrementar la productividad agrícola; segundo garantizar el nivel de vida de los trabajadores del campo a través del incremento de las rentas individuales; tercero estabilizar los mercados; cuarto garantizar

el autoabastecimiento y, finalmente, asegurar a los consumidores unos precios razonables de los productos agrarios.

El sector agrario pasó, posteriormente, a la necesidad de afrontar dos grandes problemas como resultado de su aplicación y de su rigidez funcional: por una parte el aumento de los excedentes durante la década de los 1980s ya que los intentos para limitar el crecimiento fueron muy poco eficaces. A comienzos de 1990s, por ejemplo, la producción de cereales era un 20% mayor a las necesidades reales del conjunto de la CE (figura 3). Por otra parte, las medidas de apoyo previstas, gracias a un sistema de mantenimiento de los precios relacionados con el volumen de producción, beneficiaron especialmente a las grandes explotaciones en detrimento de las familiares que sufrieron un proceso de deterioro casi continuo: el 80% de los recursos se destinaban al 20% de las explotaciones que ya eran las más modernas y eficientes. Estas desigualdades también se reproducían por sectores agropecuarios (Segrelles, 2000), por tanto, se trataba de un sistema injusto, desequilibrado y desequilibrador socialmente y espacialmente.

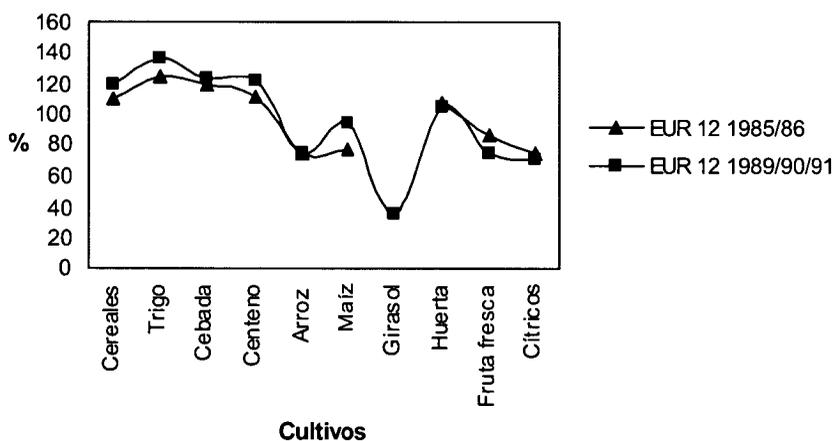


Figura 3. Evolución del porcentaje de autoabastecimiento de algunos productos agrarios en la Unión Europea. EUR 12 1985/86= Europa de los doce países entre 1985 y 1986.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Comisión de la CEE, diversos años.

A mediados de los años 1980s aparece un nuevo periodo de reorientación de la PAC basado en tres aspectos: el desarrollo rural, la potenciación de la pluriactividad y el énfasis en los problemas medioambientales. Las primeras medidas se adoptaron a partir de 1988 con los programas de conservación, extensificación y abandono de la producción. Se obtuvieron reducciones de los excedentes a través de una política de precios más restrictiva, unos límites de garantía más rígidos, la corresponsabilidad de los agricultores en la salida de los excedentes o una mayor flexibilidad en los compromisos de interven-

ción del Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agrícola (FEOGA) en el mercado (Vincienne, 1989).

A pesar de estos éxitos relativos, las medidas de acompañamiento acordadas el 1988 se aplicaron muy débilmente y no tuvieron el papel que se esperaba: sólo se abandonaron un millón de hectáreas, el 2% de la superficie de cereales y casi siempre las tierras de rendimientos más bajos, mientras que las ayudas a los ingresos se empezaron a aplicar el 1991 pero sólo en Italia, Francia y Países Bajos. En definitiva las reformas de los 1980s fueran incompletas y, en todo caso, no abordaron el problema de fondo: el sostenimiento de los precios en función del volumen de producción, manteniéndose el estímulo a la intensificación productiva.

En la figura 4 se observa la evolución de los precios de intervención (precio al cual los organismos de intervención estaban obligados a comprar) antes de la reforma de 1992. Los cultivos que incrementaron más el precio fueron el arroz, con un 32,4%, y el girasol, con un 23,9% respecto al 1986.

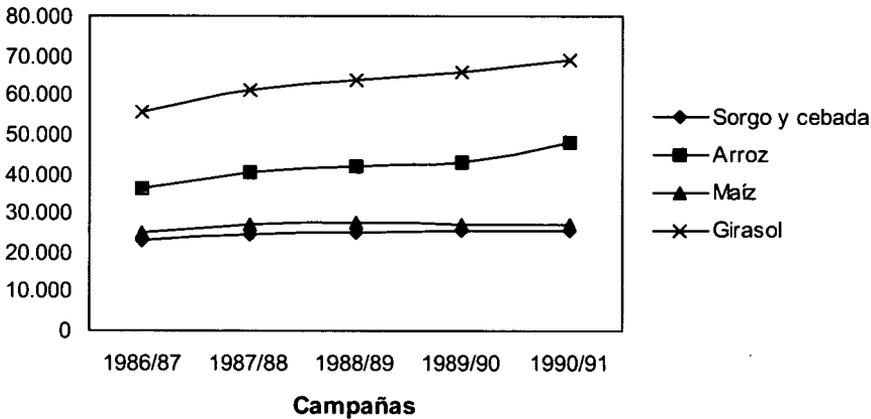


Figura 4. Precios de intervención (en pesetas) antes de la reforma de 1992 en ptas/tm. Fuente: Unió de Pagesos.

Con todo ello, se llegó al 1991, año en que la Comisión propuso una reforma en profundidad de la PAC, que comenzaría a ser efectiva el 1992. Dos son los aspectos más destacables de esta reforma: la reducción o eliminación de subvenciones y la reducción de los precios de intervención de los principales productos excedentarios como los cereales o la leche. El segundo aspecto era impulsar en profundidad un verdadero proceso de retirada de tierras en producción (*set aside*). Se estimó que se podría prescindir de una superficie agraria útil entre 6 y 16 millones de hectáreas, aplicando el barbecho obligatorio al 15% de las superficies sembradas excepto en el caso de los pequeños productores.

Una política de precios más competitiva implicaba una pérdida de ingresos para a los agriculturas que se paliaba con compensaciones directas por superficie cultivada, no por producción ya que estimulaba los productos excedentarios. Teóricamente este sistema contribuiría a fijar una mayor cantidad de población a las zonas rurales y permitiría evitar la degradación ambiental. Otros objetivos de la reforma fueron la repoblación forestal, la protección del medio ambiente, las jubilaciones anticipadas y el apoyo de los agricultores más jóvenes (Romero, 1993). En definitiva, se trataba de conseguir unas explotaciones más eficaces y económicamente diversificadas, con más superficies protegidas y menos activos. Los aspectos más significativos de estos pagos compensatorios fueron (Camba Agrària Provincial de Girona, 1992): la creación del concepto de superficie base (media de los cultivos herbáceos sembrados entre 1989 y 1991 en una región), los niveles de precios, los pagos compensatorios por hectárea directamente a los productores, y el plan de regionalización que expresa geográficamente los rendimientos de los cultivos de secano y de regadío. Por tanto, el pago compensatorio se calcula multiplicando la cantidad básica (por tonelada) por el rendimiento medio (tonelada por hectárea) determinado por el plan de rendimientos. La figura 5 muestra la evolución de los pagos compensatorios desde el periodo 1992-93 al 2003-2004 en el caso de los productores profesionales (o régimen general según Reglamento CEE 1765/92; el régimen simplificado corresponde a los pequeños productores que son los que tienen una producción inferior a 92 toneladas). Se carecen de los datos del periodo 1998-1999 y 1999-2000; a pesar de ello la tendencia en dichas campañas parece quedar lo suficientemente clara dentro de la evolución general.

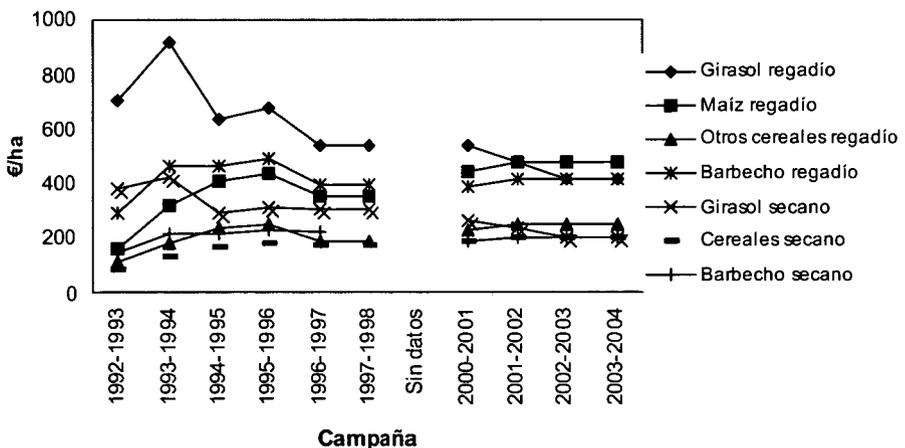


Figura 5. Evolución pagos compensatorios del régimen general en la provincia de Girona. Para facilitar la comparación se han convertido todos los valores a euros/ha teniendo en cuenta que un € = 166.386 ptas.

Fuente: Elaboración propia a partir de los "Pagos compensatorios a los cultivos herbáceos" del Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Catalunya.

A través de la figura se observa la gran diferencia en los pagos compensatorios entre el girasol de regadío, especialmente, y el de secano y el resto de cultivos a principios de los 1990s. Este cultivo presentaba un importante descenso a partir de la campaña 1995-96 hasta llegar a valores similares con el barbecho de regadío en la campaña 2003-2004. Este descenso tan pronunciado no se ha producido en el maíz de regadío, que a pesar de algunas irregularidades mostraba una tendencia al alza. Por su parte, los cereales de secano y los otros cereales de regadío exhibían una leve evolución alcista pero sin llegar a los valores de los cultivos citados anteriormente. Un análisis pormenorizado de las hectáreas subvencionadas según el régimen simplificado y el general en el año 1997 mostraba que el maíz representó el 47,7% del total y el girasol el 25,5%; o sea, las subvenciones de los dos citados cultivos representaron el 73,2% del total (Serra, 2002).

Posteriores acontecimientos, como la ampliación hacia la Europa Central y Oriental, la creciente competitividad de los productos de terceros países y nueva ronda de negociaciones de la Organización Mundial del Comercio entre otros, propiciaron una nueva modificación de la PAC propuesta en 1997 dentro del marco de la Agenda 2000 con el objetivo de impulsar la reforma de 1992 y sentar las bases para el desarrollo futuro de la agricultura en la Unión. Entre las medidas destacan la elaboración de una nueva política de desarrollo rural, la mejora de la competitividad de los productos agrícolas en los mercados nacionales e internacionales o la simplificación de la legislación agrícola y la descentralización de su aplicación, entre otros.

Finalmente, la última reforma que abarca el periodo analizado comprende la reforma de junio de 2003 donde destacan los siguientes puntos: modificación de las bases de las ayudas directas a la producción concedidas a los agricultores eliminándolas progresivamente y disociándolas de la producción. El nuevo sistema pretende equilibrar mejor las rentas de los productores a través del pago único por explotación.

4. TELEDETECCIÓN Y MAPAS DE CULTIVOS

Las imágenes de satélite presentan ciertas ventajas respecto a las fotografías aéreas no digitales, la fuente más empleada tradicionalmente: la periodicidad en la adquisición de las imágenes de las áreas es mayor (por ejemplo en el caso de Landsat la captación de las imágenes se produce a la misma hora cada 16 días). Este hecho nos permite hacer un seguimiento de la fenología de los cultivos en imágenes libres de nubes. Su formato digital y fácilmente georeferenciable facilita el tratamiento de las imágenes en la aplicación de clasificaciones automáticas.

Las imágenes usadas en este trabajo han sido las correspondientes al sensor *Thematic Mapper* (TM) del satélite Landsat-5 con una medida de píxel de 30m x 30m. TM capta diferentes longitudes de onda, tres visibles de 0.45 a 0.69 μ m, tres infrarojas de 0.76 a 2.35 μ m y un canal térmico de 10.4 a 12.5 μ m. En cada periodo se empleó más de una imagen para cubrir el periodo vegetativo de primavera y verano, en otras palabras, para cubrir la evolución fenológica de la vegetación. Las imágenes empleadas para cada periodo se detallan a continuación. Para los inicios de los 1900s se usó una imagen del 22 de mayo de 1991 y otra del 19 de julio de 1992. Para mediados de los 1990s se empleó una

imagen del 3 de mayo de 1996, otra del 20 de junio de 1996, del 9 de julio de 1997, del 23 de agosto de 1996 y, finalmente, del 11 de septiembre de 1997. Para los inicios del 2000 se usó una imagen del 18 de mayo, otra del 10 de junio, del 26 de junio, del 12 de julio y del 28 de julio. La situación ideal habría sido disponer de imágenes de diferentes meses del mismo año, sobretodo para evitar cambios agrícola interanuales, pero no fue posible en el caso de principios y mediados de los 1990s debido a la elevada cobertura nubosa.

En diversas zonas mediterráneas, la discriminación de cultivos y la obtención de mapas de cultivos es una tarea difícil debido a gran diversidad y fragmentación parcelaria. La metodología empleada para la obtención de los mapas de cultivos se basa en tres etapas (Serra et al., 2003): la primera comprende la corrección geométrica de las imágenes a través del método de Palà y Pons (1995). El objetivo reside en la eliminación de las distorsiones producidas por el movimiento del satélite, por la rotación y curvatura terrestre, etc., y en el coregistro de todas las imágenes a unas coordenadas comunes. Todos los *Root Mean Squared*¹ (RMS) obtenidos fueron inferiores a un píxel (de 30 m). La segunda corresponde a la corrección radiométrica que se aplica con el objetivo de obtener unos valores radiométricos cercanos a los obtenidos con una recepción perfecta considerando la iluminación que recibe cada píxel en función de la posición solar, etc. (Pons y Solé-Sugrañes, 1994).

Una vez las imágenes están corregidas se inicia la fase de clasificación automática. Un requisito imprescindible en esta fase es la adopción de la leyenda, o sea los cultivos a discriminar. Los mapas de cultivos de los tres periodos constaron de las siguientes categorías: arroz, maíz de regadío, otros herbáceos de regadío (alfalfa, sorgo, etc.), cereales de invierno (trigo, cebada y centeno), frutales, viñedos y otros cultivos (algunos olivos,...). Una vez conocidas las cubiertas objetivo de análisis, en nuestro caso se usó un clasificador mixto que combina una clasificación no supervisada realizada a través del algoritmo ISODATA (*Interactive Self Organizing Data Analysis*) y áreas de entrenamiento típicas de los sistemas supervisados, obteniéndose un porcentaje de acierto superior al 85% en los tres mapas de cultivos. Un conocimiento más pormenorizado de la metodología se puede consultar en Serra et al. (2005b).

5. ANÁLISIS PAISAJÍSTICO

5.1. Índices paisajísticos

El último apartado del trabajo se basa en el análisis de las consecuencias paisajísticas de los cambios en los cultivos anteriormente descritos. Desde la Ecología del Paisaje, se considera que un paisaje está formado por un conjunto de unidades distribuidas en el espacio y que están relacionadas por una serie de flujos (de energía, etc.). Las propiedades físicas como la medida, la forma y la distribución espacial de las diversas unidades son el resultado de los procesos funcionales que ocurren a escala del paisaje (Pino et al., 1998; Holt-Jensen, 1999). Las unidades del paisaje son las manchas (*patches* en inglés), definidas como las superficies con características homogéneas y diferentes de las de su

¹ Indicador de la calidad de la corrección geométrica a través de la raíz cuadrada de las desviaciones entre los valores observados y los estimados (Chuvieco, 2002).

alrededor, cuyos principales atributos topológicos son la medida, la forma, el número y su disposición. Según Turner (1989), el mosaico paisajístico resultante es fruto de las acciones humanas y naturales, de las interacciones entre las fuerzas socioeconómicas y biofísicas.

El objetivo de este apartado ha consistido en la cuantificación de diversos índices para cada uno de los mapas de cultivos y su posterior comparación siguiendo los periodos de 1991, 1997 y 2004. Para ello se han cuantificado los siguientes índices (McGarigal y Marks, 1994): el área total, el número de manchas (NM), el área media de las manchas en hectáreas (el área que ocupa un cultivo dividido por el número de manchas) (AM), el coeficiente de variación de la medida de las manchas (CVM), la densidad de las manchas (número de manchas de un cultivo dividido por la superficie del área de estudio * 100 ha) (D), el índice de la mancha mayor (relaciona la superficie de la mancha de un cultivo con mayor área respecto a la superficie total) (IMM) y el índice de la forma paisajística (cuanto más pequeño sea el índice el cultivo presenta una forma más regular, más cuadrada) (IFP).

5.2. Resultados

Una vez obtenidos los tres mapas, uno por cada periodo, se cuantificaron los índices paisajísticos para cada una de los cultivos herbáceos con el objetivo de analizar su evolución y correlacionar los datos con las subvenciones de la PAC. El análisis pormenorizado de los cultivos permanentes (frutales y viñedos) no se presenta en este trabajo y tampoco del arroz debido a las específicas ayudas que recibe y a su reducida superficie en el área de estudio (entre 100 y 200 ha).

A través de las figuras 6 y 7 se observa la evolución del girasol y del maíz. En la primera figura se aprecia el significativo incremento del área del girasol entre 1991 y 1997 y del importante descenso entre 1997 y 2004. Esta evolución se corresponde exactamente con el número de manchas clasificadas como girasol. A través de la figura 7 se observa que la evolución de la área media de las manchas, de la densidad y del índice de la forma paisajística de este cultivo es muy similar a la figura anterior: incremento y decremento; en el caso del índice de la mancha mayor el valor es muy similar al del 1997 indicativo del mantenimiento de las manchas mayores y de la desaparición de las menores.

En el caso del maíz, los resultados muestran que la ocupación era bastante superior que en el caso del girasol y que en quince años la superficie descendió en unas 500 ha. El número de manchas muestra la misma tendencia con un descenso más pronunciado en el año 2004. Este descenso queda patente en el área media ya que incrementaba en el mencionado año; el resto de métricas muestra una evolución similar al área.

Las figuras 8 y 9 muestran los resultados en el caso de los otros herbáceos de regadío y de los cereales de invierno. Como se observa, el área y el número de manchas descienden drásticamente en el caso de los otros herbáceos de regadío, la misma evolución que en el resto de índices excepto el área media de las manchas que presenta en el año 2004 un incremento.

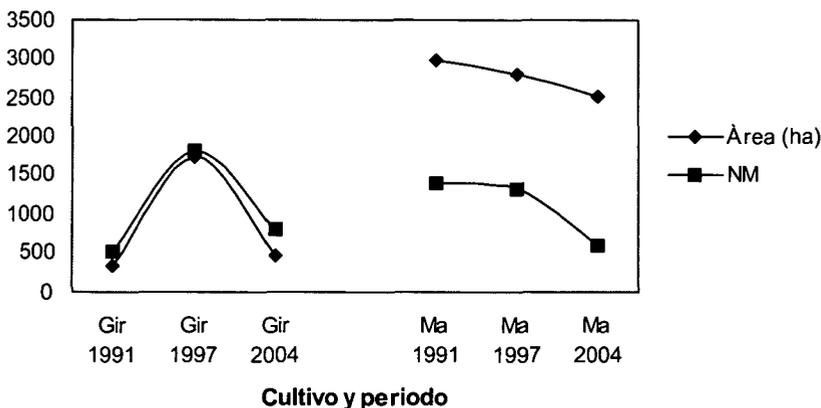


Figura 6. Evolución del área (en hectáreas) y número de manchas (NM) del girasol (Gir) y maíz (Ma) entre 1991, 1997 y 2004.

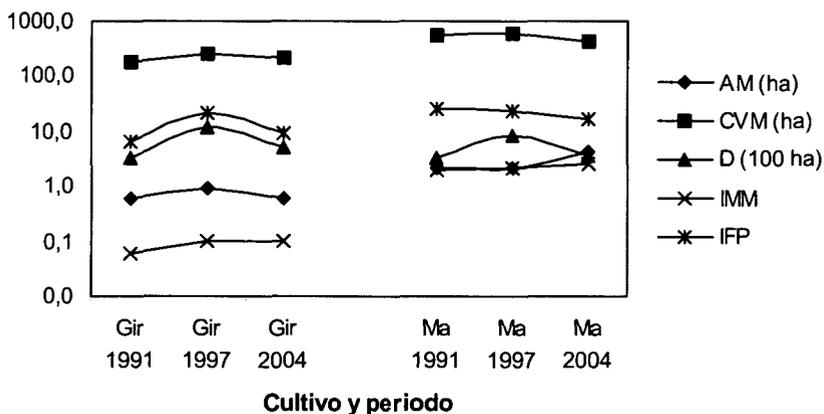


Figura 7. Evolución del área media de las manchas (AM en hectáreas), su coeficiente de variación (CVM), densidad (D), índice de la mancha mayor (IMM) e índice de la forma paisajística (IFP) del girasol (Gir) y del maíz (Ma) entre 1991, 1997 y 2004.

En el caso de los cereales de invierno, la evolución es similar pero con un descenso aún mayor ya que presenta una pérdida de más de 2 500 ha de ocupación. La evolución en el resto de indicadores es similar con la excepción del número de manchas que presenta un leve aumento en 1997 y, en consecuencia, un ligero incremento de la densidad y un débil descenso del área media de las manchas.

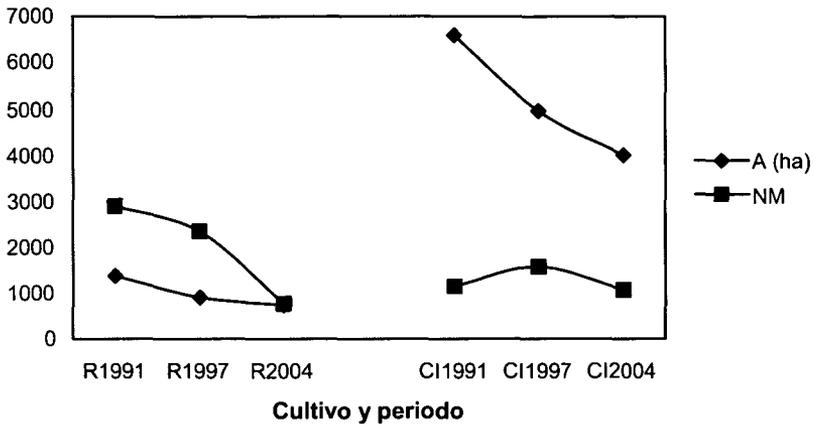


Figura 8. Evolución del área (en hectáreas) y número de manchas (NM) de los otros herbáceos de regadío (R) y de los cereales de invierno (CI) entre 1991, 1997 y 2004.

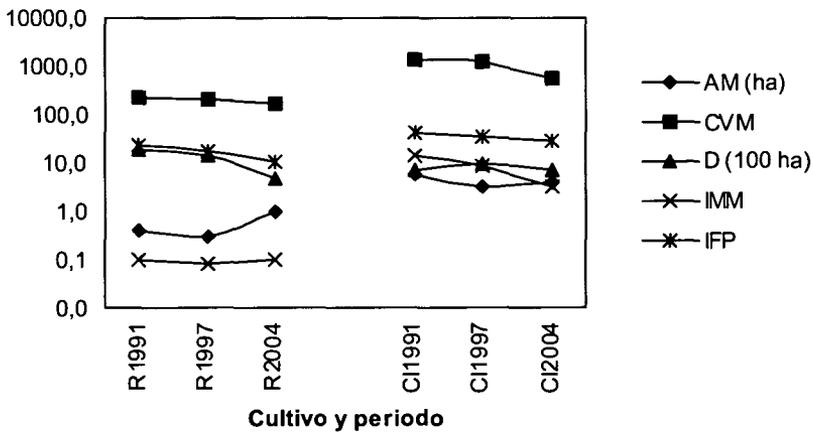


Figura 9. Evolución del área media de las manchas (AM en hectáreas), su coeficiente de variación (CVM), densidad (D), índice de la mancha mayor (IMM) e índice de la forma paisajística (IFP) de los otros herbáceos de regadío (R) y de los cereales de invierno entre 1991, 1997 y 2004.

6. CONCLUSIONES

El análisis de la evolución de los cultivos en el área de estudio se ha realizado a través de la aplicación de un clasificador híbrido que permite obtener mapas de cultivos con una elevada fiabilidad. Con la disponibilidad de los citados mapas, el cálculo de las métricas paisajísticas ha permitido comparar la evolución de los cultivos herbáceos en el periodo analizado.

A través de los resultados obtenidos se observa una elevada correlación entre los pagos compensatorios de la PAC y los cultivos herbáceos. Hasta la campaña 2000-2001 el pago compensatorio del girasol de regadío era el más elevado conjuntamente con el barbecho de regadío y el maíz de regadío. En la campaña 2001-2002 los precios del girasol se igualaron con los del maíz de regadío y en la campaña 2002-2003 con los del barbecho de regadío, manteniéndose el maíz con los valores más elevados. El resto de cultivos herbáceos (el girasol de secano, el barbecho de secano, los otros cereales de regadío y los cereales de secano) presentaban unos valores desde la campaña 1992-1993 bastante reducidos con la excepción del girasol de secano que a partir de la campaña 2000-2001 se mantiene a unos niveles parecidos.

En relación a las consecuencias paisajísticas, los resultados muestran la elevada ocupación del girasol entre 1991 y 1997, con un aumento de las dimensiones de los campos, para, posteriormente, volver a unos valores parecidos a 1991. En el periodo de 1997 los campos de girasol tenían una densidad y una regularidad en la forma (índice IFP) parecida a los de maíz mientras que el área media (índice AM) y el índice de la mancha mayor (índice IMM) era mayor en el caso del maíz. Así, pues, mientras que el maíz a pesar de un ligero descenso ha mantenido su peso en el paisaje altoampurdanés con una tendencia a la extensificación y homogeneización de su cultivo, el girasol ha sufrido diversos vaivenes.

Por su parte los otros herbáceos de regadío han sufrido un descenso mayor que en el caso del maíz en relación a su superficie. Las consecuencias paisajísticas muestran la tendencia al mantenimiento de la mancha mayor, al descenso de la densidad y a un aumento de la regularidad y del área media. Finalmente, los cereales de invierno son los que presentan una mayor pérdida de superficie y una tendencia a la fragmentación como el área media y el índice de la mancha mayor indican. De todas formas siguen siendo los cultivos más presentes en la llanura altoampurdanesa.

En resumen, los resultados parecen corroborar la hipótesis de partida que indicaba que los cultivos más subvencionados por la PAC podían presentar mayor ocupación y homogeneización paisajística. Así, el aumento y descenso del girasol parece deberse al descenso de los pagos compensatorios mientras que el mantenimiento del maíz de regadío parece poder aplicarse, en líneas generales, también al mantenimiento de los pagos compensatorios. Finalmente, el descenso de los otros herbáceos de regadío y de los cereales de invierno parece ser debido al bajo nivel de las citadas subvenciones, entre otras posibles razones.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTROP, M. & EETVELDE, V. (2000): "Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics". *Landscape and Urban Planning*, 50, pp.43-58.
- AVELLÀ, LL., SEGURA, P., CALAFAT, C. & GARCÍA, M. (2001): "Cambios del uso del suelo. Aplicación del método de análisis multivariante". *IV Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria*. Escuela de Estudios Sanitarios de la Universidad Pública de Navarra (Pamplona), 19-21 de septiembre. Disponible en: <http://www.uco.es/grupos/edr/aeaa/horarioamp.htm>
- CALERA, A., REYES, J., MARTÍNEZ, C. & SÁNCHEZ, J. (1999): "Seguimiento de los cultivos de regadío en la Mancha Oriental desde 1982 a 1997, utilizando imágenes TM y MSS, en combinación con herramientas SIG". *Revista de Teledetección*, 12, pp. 1-4.
- CALVO, E., FEIJÓO, M.L., MEMA, M. & ALBIAC, J. (1999): "La influencia de la Política Agrícola Común en la zona de regadío Flumen-Monegròs1". *Estudios de Economía Aplicada*, 13, pp. 5-22.
- CAMBRA AGRÀRIA PROVINCIAL DE GIRONA (1992): *Boletín informativo*.
- CANTÓ, M.T. (2006): "Integración de la dimensión ambiental en la actividad agraria: evolución y síntesis jurídica desde las primeras directivas hasta la reforma de la PAC de 2003. Una perspectiva a largo plazo para la agricultura sostenible". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 41, pp. 329-366.
- CASTERAD, M.A. & MARTÍN-ORDÓÑEZ, T. (2004): "Optimization of supervised classification procedure for irrigated crop discrimination using Landsat TM images". *Revista de teledetección*, 22, pp. 33-39.
- CASTILLO, M., MORENO, C. & ATANCE, I. (2001): "Análisis del impacto de diversos sistemas de ayudas directas sobre las explotaciones agrícolas de la Campiña de Córdoba". *Revista de Estudios Regionales*, 60, pp. 79-109.
- CHUVIECO, E. (2002): *Teledetección ambiental*. Ariel, Barcelona.
- CHUVIECO, E. (1996): "Empleo de imágenes de satélite para medir la estructura del paisaje: análisis cuantitativo y representación cartográfica". *Serie Geográfica*, 6, pp.131-147.
- CLIFFORD, A. (1994): "A regional analysis of Bari land use intensification and its impact on land heterogeneity". *Human Ecology*, 22, pp.290-315.
- COMISIÓN DE LA CEE: *La situación de la agricultura en la Comunidad*. Informes de diversos años. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- GEOGHEGAN, J., PRITCHARD, L., OGNEVA, Y., ROY, R., SANDERSON, S. & TURNER II, B.L. (1998). "Socializing the pixel and pixeling the social in land use/

- cover change". In: LIVERMAN, D., MORAN, E., RINDFUSS, R. & STERN, P. (Ed). *People and pixels*. National Academy Press, Washington, pp.51-69.
- HOLT-JENSEN, A. (1999): *Geography. History and concepts*. London, Sage Publications.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (1964): *Primer Censo Agrario de España, año 1962. Gerona*. Madrid.
- LUQUE, S. (2000): "The challenge to manage the biological integrity of nature reserves: a landscape ecology perspective". *International Journal of Remote Sensing*, 13-14, pp. 2613-2643.
- MCGARIGAL, K. & MARKS, B. (1994): *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0*. Oregon State University, Corvallis.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA) (1989): *Estudio integrado de la zona regable de la Muga (Gerona)*. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, Madrid.
- NIELSEN, N.C. & PARACCHINI, M^a (1999): *Remote sensing based estimates of structural diversity and sustainability for forest ecology*. Disponible en: http://regow99.sggw.waw.pl/08_session_4/03
- PALÀ, V. & PONS, X. (1995): "Incorporation of relief in polynomial-based geometric corrections". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61, pp. 935-944.
- PALANG, H., MANDER, U. & LUUD, A. (1998): "Landscape diversity changes in Estonia". *Landscape and Urban Planning*, 41, pp.163-169.
- PINO, J., RIBAS, J., PONS, X. & RODÀ, F. (1998): "Análisis mediante SIG de la relación entre estructura del paisaje y riqueza de especies de aves en un área perimetropolitana de Barcelona". *Tecnología geográfica para el siglo XXI*, VIII Coloquio del Grupo de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Asociación de Geógrafos Españoles.
- PONS, X. & SOLÉ-SUGRAÑES, L. (1994): "A simple radiometric correction model to improve automatic mapping of vegetation from multispectral satellite data". *Remote Sensing of Environment*, 48, pp. 191-204.
- QUATTROCHI, D. & PELLETIER, R. (1991): "Remote sensing for analysis of landscape: an introduction". In: TURNER, M. & GARDNER, R. (Ed). *Quantitative methods in landscape ecology*. Springer, New York.
- ROMERO, J. (1993): "Los agricultores del sur de Europa y la reforma de la PAC". *Agricultura y Sociedad*, 66, pp. 221-229.
- SEGRELLES, J.A. (2000): "Desarrollo rural y agricultura: ¿incompatibilidad o complementariedad?". *Agroalimentaria*, 11, pp. 85-95.
- SERRA, P., SAURÍ, D. & PONS, X. (2005a): "Metodología para el análisis de las

transformaciones paisajísticas de áreas rurales mediterráneas. Evolución, causas y consecuencias en el nordeste de Cataluña”. *Investigaciones Geográficas*, 36, pp. 25-42.

SERRA, P., MORÉ, G. & PONS, X. (2005b): “Application of a hybrid classifier to discriminate Mediterranean crops and forests. Different problems and solutions”. *XII International Cartographic Conference*, A Coruña, 9-16 July 2005. Disponible en: <http://www.cartesia.org/articulo206.html>

SERRA, P., PONS, X. & SAURÍ, D. (2003): “Post-classification change detection with data from different sensors. Some accuracy considerations”. *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 3311-3340.

SERRA, P. (2002): *Dinàmiques del paisatge agrari a l'Alt Empordà (1977-1997). Una anàlisi a partir de la teledetecció i dels sistemes d'informació geogràfica*. Tesis doctoral, Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: <http://www.tdx.cesca.es/TDX-1004102-122545/>

SERRA, P., PONS, X. & SAURÍ, D. (2001): “Protocolo para la detección de cambios a través de diferentes sensores”. *Revista de Teledetección*, 16, pp. 17-24.

TURNER, M. (1989): “Landscape ecology: the effect of pattern on process”. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, pp. 171-197.

UNIÓ DE PAGESOS. *La Terra*. Revista mensual de Unió de Pagesos. Barcelona. Diversos años.

VILADOMIU, L. & ROSELL, J. (2004): “El paisaje en la política agraria y rural”. *Nimbus*, 13-14, pp. 193-206.

VILADOMIU, L. (1994): “Diez años de reforma de la PAC”. *Agricultura y Sociedad*, 70, pp. 9-31.

VINCIENNE, M. (1989): “La futura Europa verde: representaciones sociales de la Comisión Europea”. *Agricultura y Sociedad*, 51, pp. 79-106.