

DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LOS USOS DEL SUELO DE LA ALCARRIA CONQUENSE: ANÁLISIS DE SU SOSTENIBILIDAD

Javier Martínez Vega

Pilar Echavarría Daspet

Victoria González Cascón

Instituto de Economía, Geografía y Demografía

Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)

Albasanz, 26-28 - 28037 MADRID

Tel.: 91-602 23 95 -- Fax: 91-602 29 71

vega@ieg.csic.es

Fecha de Recepción: 28 de Marzo de 2008

Fecha de Aceptación: 14 de Abril de 2008

RESUMEN

Este artículo analiza los cambios de ocupación y usos del suelo registrados entre 1990 y 2003 en La Alcarria Conquense, en el NW de la provincia de Cuenca, España. Compara los usos del suelo actuales con los usos potenciales con objeto de analizar posibles disfunciones en relación a la capacidad agroforestal del territorio. Este estudio ha fundamentado la aceptación de algunos proyectos enmarcados en un Plan de Acción Local, elaborado mediante planificación participativa, con el fin de corregir impactos ambientales y de progresar hacia un desarrollo sostenible de la comarca.

Palabras Clave:

Cambios de usos y ocupación del suelo, modelo de capacidad agroforestal, desarrollo sostenible, La Alcarria Conquense.

ABSTRACT

This article analyzes the land use and cover changes registered between 1990 and 2003 in The Alcarria Conquense, in the NW of the province of Cuenca, Spain. Likewise, it compares the current land use with the potential uses with purpose to analyze dysfunctions relating to the agroforestry capacity of the territory. This study has supported the acceptance of some projects framed in a Local Action Plan, elaborate by means of participatory planning, in order to correcting environmental impacts and of progressing toward a sustainable development of the region.

Key Words:

Land use and cover change, agro-forest aptitude model, sustainable development, Alcarria Conquense.

INTRODUCCIÓN

En la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, se hizo un llamamiento a las autoridades locales para que elaborasen Agendas Locales 21, con el fin de implantar estrategias de desarrollo sostenible a nivel local. Para responder a esta demanda global, la provincia de Cuenca se ha comprometido a implantar Agendas Locales 21 en todos sus municipios.

Uno de los aspectos más cruciales para alcanzar la sostenibilidad es evaluar los cambios de ocupación del suelo que se han producido a lo largo del tiempo. Iniciativas, programas y proyectos internacionales han ahondado sobre este problema, como *Land Use and Cover Change* (Baulies y Szejwach, 1998; Pontius *et al.*, 2004; Lambin y Geist, 2006). Otros estudios analizan la influencia de los cambios de uso del suelo sobre el cambio global, en el marco del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Dolman *et al.*, 2003).

En un ámbito continental-regional, CORINE-Land Cover (Feranec *et al.*, 2007) es la iniciativa europea más significativa. En Europa, Jongman (1996) estudia las consecuencias ecológicas y paisajísticas de los cambios de uso del suelo. En España, el OSE (2006) analiza los cambios de ocupación del suelo en la década 1990-2000, basándose en CORINE-Land Cover.

A nivel local, este problema se aborda con diferentes métodos, fuentes y periodos de análisis pero, en todos los casos, se considera como un objeto de investigación relevante por las consecuencias ecológicas y socioeconómicas que conlleva. Existen abundantes trabajos que analizan los cambios ocurridos en los últimos años, en bosques tropicales (Olchev *et al.*, 2008; Hayes *et al.*, 2008; Siwe y Koch, 2007; Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2005), sabanas (Thielen, 2008; Santana y Salas, 2007), arrozales (Cheng *et al.*, 2007), regiones áridas (French *et al.*, 2008; Rogan *et al.*, 2008), montañas mediterráneas (Gómez *et al.*, 2007; Camacho y Toribio, 1997; Martínez Vega, 1989) y alpinas (Rutherford *et al.*, 2008; Rickebusch *et al.*, 2007). La detección de cambios permite analizar la deforestación (Olchev *et al.*, 2008), el avance de la frontera agrícola (Liang y Ding, 2006; Siwe y Koch, 2007), la relación entre erosión y sostenibilidad (Gómez *et al.*, 2007), paisaje y sostenibilidad (Alguacil, 1985; Baskent y Kadiogullari, 2007; Thielen *et al.*, 2008), la ordenación del territorio (Santana y Salas, 2007), hidrología de cuencas (Verbunt *et al.*, 2005) y los flujos de agua entre vegetación y suelo (Olchev *et al.*, 2008).

La mayor parte de análisis de cambios se fundamentan en una tabulación cruzada (Santana y Salas, 2007; Gómez *et al.*, 2007; Feranec *et al.*, 2007; Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2005; Martínez Vega, 1989; Al-

guacil, 1985). Otros autores ensayan métodos alternativos como la relación entre los valores esperados y observados (Santana y Salas, 2007), modelos exponenciales de distribución fractal (Thielen *et al.*, 2008), árboles de clasificación y redes neuronales (Rogan *et al.*, 2008), modelos estadísticos lineales (Rutherford *et al.*, 2008), de regresión lineal (Hayes *et al.*, 2008), regresión logística (Rickebusch *et al.*, 2007), la comparación de los usos del suelo con las emisividades de la superficie (French *et al.*, 2008), métodos automáticos de entrenamiento de los datos (Huang *et al.*, 2008) y técnicas de análisis del vector de cambio (Siwe y Koch, 2007).

Aunque los trabajos más antiguos se basaban en la tabulación cruzada de mapas fotointerpretados (Alguacil, 1985; Martínez Vega, 1989), la mayor parte de los ensayos recientes se fundamentan en un análisis diacrónico de imágenes LANDSAT TM y/o ETM (Olchev *et al.*, 2008; Huang *et al.*, 2008; Feranec *et al.*, 2007; Gómez *et al.*, 2007; Santana y Salas, 2007; Siwe y Koch, 2007; Liang y Ding, 2006; Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona, 2005). Menos frecuentes son estudios en los que se emplean imágenes MODIS (Hayes *et al.*, 2008), ASTER (French *et al.*, 2008), SPOT (Cheng *et al.*, 2008) e IKONOS (Huang *et al.*, 2008).

Otras investigaciones evalúan los cambios de usos del suelo entre dos fechas de referencia y predicen los usos del suelo del futuro, basándose en autómatas celulares y cadenas de Markov (García-Frapolli *et al.*, 2007). En esta misma línea, Eastman (2007) introduce el concepto de los SIG verticales y diseña un modelador de cambios de uso del suelo.

Por último, es de gran importancia adecuar los usos a la capacidad de uso de las tierras con objeto de evitar impactos negativos sobre determinados ecosistemas. Trabajos anteriores, tras la integración de variables biofísicas, han comparado ambas coberturas, proponiendo recomendaciones de uso (Alguacil, 1985; Labrandero y Martínez Vega, 1995).

OBJETIVOS

El objetivo principal es analizar los cambios de uso y ocupación del suelo de La Alcarria Conquense y poner las bases para medir su impacto sobre la sostenibilidad de los ecosistemas.

Para alcanzar este objetivo global es necesario plantearse dos objetivos específicos:

1. Analizar espacial y temporalmente los cambios de ocupación y uso del suelo, producidos desde 1990 hasta 2003.
2. Comparar los usos del suelo actuales con un modelo de capacidad agroforestal.

Este trabajo será la base de un estudio posterior en el que se pretende predecir un modelo futuro de usos.

ÁREA DE ESTUDIO

La Alcarria Conquense es una de las 7 comarcas geográficas de la provincia de Cuenca. Se localiza en el extremo noroccidental de la misma y ocupa una superficie de 2.514 Km², distribuida en 42 municipios (Figura 1).



Figura 1.- Localización del área de estudio.

Según el Padrón de 2007 acogía una población de 11.641 habitantes, con una densidad media de 4,63 hab/Km².

La presión de una población estacional que se multiplica en los periodos vacacionales sobre las infradimensionadas infraestructuras ambientales, la presión agrícola sobre zonas vulnerables, los incendios forestales y la creciente construcción de infraestructuras viarias son las principales amenazas de los paisajes y de las zonas forestales de la comarca.

METODOLOGÍA

Cambios de uso y ocupación del suelo

Para identificar las transformaciones de los usos y cubiertas del suelo ocurridas entre 1990 y 2003 se han utilizado dos fuentes cartográficas. Por una parte, los mapas CORINE-Land Cover de 1990 y 2000 (CLC90-CLC2000). Se han cortado de acuerdo a los límites de la zona de estudio. Estos productos han sido realizados mediante la interpretación visual de imágenes LANDSAT 5-TM de 1987, en el primer caso, y de imágenes LANDSAT 7-ETM+ de los

años 1999 y 2000, en el segundo (JRC-EEA, 2002; IGN, 2004).

La segunda fuente empleada para analizar los cambios más recientes ha sido un mapa de usos del suelo propio, elaborado mediante análisis visual y digitalización en pantalla de una ortoimagen LANDSAT 7-ETM+, de agosto de 2002, con apoyo de ortofotografías aéreas pancromáticas del SIG Oleícola (0,5 m de resolución espacial) y trabajo de campo. Adicionalmente, se ha empleado una imagen ASTER de 2003 para fotointerpretar un gran incendio ocurrido ese año en la Sierra de Altomira, cuyo perímetro ha sido incluido en este mapa de usos del suelo de 2003 (MUS2003). Se ha empleado una combinación de bandas del infrarrojo cercano y del rojo integradas con el canal pancromático, tras un remuestreo del tamaño de píxel a 15 metros. Se ha empleado una leyenda similar a la de CORINE-Land Cover, aunque desagregando algunas categorías, con objeto de poder comparar el producto resultante con CLC90-CLC2000.

Para proceder a la detección de cambios entre 1990 y 2000 no se ha empleado el producto 4, conocido como base de datos nacional de cambios (IGN, 2004). Para hacer más legible el mapa resultante, se han agrupado los cambios más significativos, mediante superposición de mapas vectoriales y tabulación cruzada.

A pesar de los pocos años transcurridos entre 2000 y 2003, se han producido transformaciones de gran importancia ambiental. Con objeto de cartografiar la distribución espacial de estos grandes cambios, se han super-

puesto los productos CLC2000 y MUS2003. Somos conscientes de que se comparan dos mapas de escalas distintas (1:100.000 y 1:50.000), con distinto nivel de detalle en la delimitación de las manchas (tamaños mínimos cartografiados de 25 ha y 1 ha), aunque con leyendas comparables. Neumann *et al.*, (2007) reflexionan sobre la dificultad de comparar mapas de usos y ocupación del suelo, elaborados con métodos, objetivos y fuentes diferentes. No obstante, consideramos que se trata de una primera evaluación de aproximación al conocimiento de las principales transformaciones.

Han sido evaluadas y rechazadas otras alternativas. La idea original fue comparar el mapa de usos de 2003 con la versión digital del mapa de cultivos y aprovechamientos, de similar escala y nivel de detalle, correspondiente a los años setenta y ochenta. Sin embargo, este mapa presenta un desplazamiento planimétrico en la delimitación de las manchas de uso, que no es constante. Otra alternativa, que está siendo evaluada, es la elaboración de un mapa de usos del suelo de 1956-57, mediante fotointerpretación del vuelo americano.

Localización de usos agrícolas inadecuados

Mediante un método de Evaluación de Tierras y un sistema experto (de la Rosa *et al.*, 2004), implementado en un SIG, se ha elaborado un modelo de capacidad agroforestal de las tierras, basado en la integración de 4 factores y 12 variables biofísicas.

Comparando la aptitud agroforestal de las tierras con MUS2003, se han localizado las

| Código | DESCRIPCIÓN | ÁREA (Ha) | A % | B % |
|--------|------------------------------------|------------|------|--------|
| 11 | Abandono de cultivos | 90,21 | 0,04 | 0,95 |
| 12 | Repoblaciones forestales | 403,03 | 0,16 | 4,25 |
| 13 | Regeneración natural de vegetación | 3.358,12 | 1,34 | 35,39 |
| 21 | Nuevos regadíos | 1.832,34 | 0,73 | 19,31 |
| 22 | Arranque de olivos | 111,66 | 0,04 | 1,18 |
| 23 | Roturaciones de tierras | 1.426,37 | 0,57 | 15,03 |
| 24 | Aclarado de zonas arboladas | 1.737,09 | 0,69 | 18,31 |
| 25 | Zonas quemadas | 530,69 | 0,21 | 5,59 |
| | TOTAL | 9.489,51 | 3,77 | 100,00 |
| | La Alcarria Conquense | 251.400,00 | | |

Tabla 1.- Cambios de uso ocurridos entre 1990 y 2000, según CORINE-Land Cover¹.

áreas cuyos usos son inadecuados físicamente y generan diversos impactos ambientales. Los principales usos agrícolas inadecuados han sido objeto de atención en el Plan de Acción Comarcal y su representación cartográfica ha sido incluida en un mapa ambiental de la comarca.

RESULTADOS

Entre 1990 y 2000, cerca de 9.500 hectáreas, es decir el 3,77% de la superficie comarcal, han sufrido algún cambio de uso (Tabla 1).

Más del 40% de estas transformaciones están relacionadas con ganancias de la cubierta vegetal. En algunos casos, se trata de repoblaciones forestales que han afectado a algo más de 400 ha. La mayor parte de ellas, se han realizado con diferentes especies de pinos. Siguiendo recomendaciones de algunos expertos, se han introducido plantones de encinas (*Quercus ilex*) y de robles o quejigos (*Quercus faginea*) en las repoblaciones, en aquellos lugares donde estas especies son la vegetación autóctona clímax. Estas actua-

ciones se han realizado en las parameras de Verdelpino de Huete, Gascueña y en la Sierra de Bascuñana.

En otros casos, la ganancia de la cubierta vegetal está relacionada con la regeneración natural de la vegetación como consecuencia de la menor presión agrícola y ganadera ejercida sobre el territorio. Este tipo de cambios es el que ocupa la mayor superficie de las transformaciones, algo más de 3.358 ha., es decir, el 35% de su extensión total. Bajo esta categoría general, se agrupan diversos tipos de cambios. Por un lado, las tierras ocupadas por matorrales que han progresado hacia la vegetación clímax, densificando su cobertura o avanzando hacia un matorral de transición con la presencia de arbolado disperso, ya sea de frondosas o de coníferas. Por otro, se han incluido en esta categoría las zonas recientemente quemadas en 1990 y que, en 2000, ya presentaban una recuperación de la vegetación afectada. Estas manchas se localizan en la vertiente occidental de la Sierra de Bascuñana y en los flancos de las alcarrias, en los valles de los ríos Mayor y Guadamejud.

¹ El porcentaje de la columna A se refiere a la proporción de cada cambio de uso del suelo respecto a la superficie total de la comarca. En cambio, el porcentaje de la columna B se refiere a la proporción de cada cambio de uso respecto a la superficie total afectada por transformaciones.

Entre los espacios forestales que han perdido cobertura vegetal es preciso reseñar las zonas recientemente quemadas y las áreas que han sufrido clareos de su masa arbórea. Las zonas recorridas por el fuego afectan a 530 ha. de pinares, localizadas en el término de Villar y Velasco. Según la base de datos de la Dirección General de Biodiversidad (DGB), del Ministerio de Medio Ambiente, que recoge los partes de incendios, en el año 2000 se registró un incendio forestal a causa de una chispa de una máquina que recorrió el 28% de este municipio.

Además, un 18% de la superficie de cambios ha sufrido un aclareo de las masas forestales. Se trata de pinares o bosques mixtos que en el año 2000 se encuentran ocupados por matorral boscoso de transición. Estas zonas se localizan en el noreste de la comarca, entre los municipios de Arandilla del Arroyo y Alcantud, y en el sureste, en los términos de Villar y Velasco y Pineda de Gigüela. En algunos casos, los propietarios de los montes realizan clareos con el objetivo de implantar medidas de silvicultura preventiva y de progresar hacia un bosque maduro en el que se propicie el crecimiento de las quercíneas (encinas y robles) que coexisten con los pinos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se trata de una regresión de la cubierta vegetal por el impacto de incendios forestales ocurridos a comienzos de los años 90. Según la DGB, se produjo un gran incendio forestal en Alcantud, a causa de la caída de un rayo, que afectó a 2.535 ha, equivalente al 44% de su término municipal. En las áreas donde la severidad del fuego ha sido menor, el bosque arbolado cerrado ha sido sustituido por masas de matorrales arbolados. Ha sido es-

pecialmente significativa la huella ecológica de este incendio en este municipio en el que el 99% de su superficie está ocupada por hábitat de importancia comunitaria, según la Directiva 92/43CEE.

También se registran roturaciones de tierras forestales, la mayor parte ocupadas por matorrales subarbustivos aunque también por masas arbóreas de perennifolias esclerófilas y quejigales. Según el mapa CLC 2000, ahora se dedican a cultivos agrícolas de secano o mantienen un mosaico de tierras agrícolas con importantes espacios de vegetación natural. Esta transformación atañe a más de 1.400 ha, es decir al 15% de los cambios ocurridos en el conjunto de la comarca. Las manchas más compactas se encuentran en los términos de Villar de Domingo García y Villas de la Ventosa, en el este de la comarca, así como en Pineda de Gigüela y en Torrejoncillo del Rey, en el extremo meridional.

Los nuevos regadíos afectan a más de 1.800 ha, lo que supone cerca del 20% de la superficie de cambios acaecidos. En ocasiones, se trata de antiguos campos de cultivos herbáceos de secano que han sido transformados en regadíos. Los casos más significativos se encuentran en el suroeste, en los términos de Leganiel y Barajas de Melo, en las vegas de los ríos Calvache y Tajo, en el canal de Estremera. En el sureste, en la vega del Gigüela, también se han puesto en regadío dos pequeños polígonos. Las superficies más grandes, sin embargo, son antiguos secanos herbáceos que ahora están ocupados por un mosaico de cultivos mixtos, en secano y regadío. Esta comarca, en el área de influencia de Buendía, es muy sensible al problema del

agua. Comienza a extenderse la idea de aprovechar mejor estos recursos *in situ*.

En la Figura 2 se muestra una ventana, en el sector comprendido entre Gascueña y Cañaveras, representativa de los cambios ocurridos entre 1990 y 2000. En el fondo de los valles de los arroyos de la Pradera y Perales, que forman el río Viejo, tributario del embalse de Buendía, se observa un mosaico de cultivos mixtos, en secano y regadío, que ocupan una superficie de 1.832 ha. En el marco de esta iniciativa de desarrollo agrario, se han incluido 111 ha de tierras ocupadas por matorrales que han sido roturadas. Entre las ganancias de la vegetación es destacable una mancha, en el noroeste, que ha sido repoblada con pinares y los flancos de las alcarrias, al este de Cañaveras, en los que la vegetación natural se ha densificado.

Entre los años 2000 y 2003, no se pretende realizar una comparación minuciosa debido a las reservas metodológicas comentadas en el apartado anterior. De forma general, sigue constatándose la progresión de la cubierta vegetal en modo de regeneración natural de

la misma y de repoblaciones forestales (Tabla 2).

Uno de los cambios más significativos, en términos ambientales, ha sido el área quemada por un gran incendio forestal que ha afectado al sector noroeste de la comarca, ocurrido el 31 de julio de 2003. Ha recorrido 3.241 hectáreas, degradando la cubierta vegetal de un 42% del término municipal de Buendía y del municipio adyacente de Puebla de Don Francisco. La causa de su inicio se ha debido a la quema de basuras en un vertedero. El fuego ha recorrido buena parte de la Sierra de Altomira, zona de alto valor ecológico de la Red Natura 2000 que ha sido declarada Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Zona de Especial Conservación (ZEC).

Como puede observarse en la Figura 3, el impacto de los incendios forestales sobre el medio natural de la comarca es relativamente preocupante. El Índice de Área Quemada (IAQ) relaciona el área quemada forestal (AQF) y la no forestal (AQNF) con la superficie municipal (SM).

| Código | DESCRIPCIÓN | ÁREA (Ha) | A % | B % |
|--------|---------------------------------------|------------|-------|--------|
| 12 | Repoblaciones forestales | 17.311,24 | 6,89 | 29,16 |
| 13 | Regeneración natural de la vegetación | 31.637,10 | 12,58 | 53,29 |
| 21 | Nuevos regadíos | 861,93 | 0,34 | 1,45 |
| 23 | Roturaciones de tierras | 6.394,97 | 2,54 | 10,77 |
| 25 | Áreas quemadas | 3.160,22 | 1,26 | 5,32 |
| | TOTAL | 59.365,45 | 23,61 | 100,00 |
| | La Alcarria Conquense | 251.400,00 | | |

Tabla 2.- Cambios de uso ocurridos entre 2000 y 2003, según CLC 2000 y MUS2003².

² Los porcentajes de las columnas A y B tienen el mismo significado que en la Tabla 1.

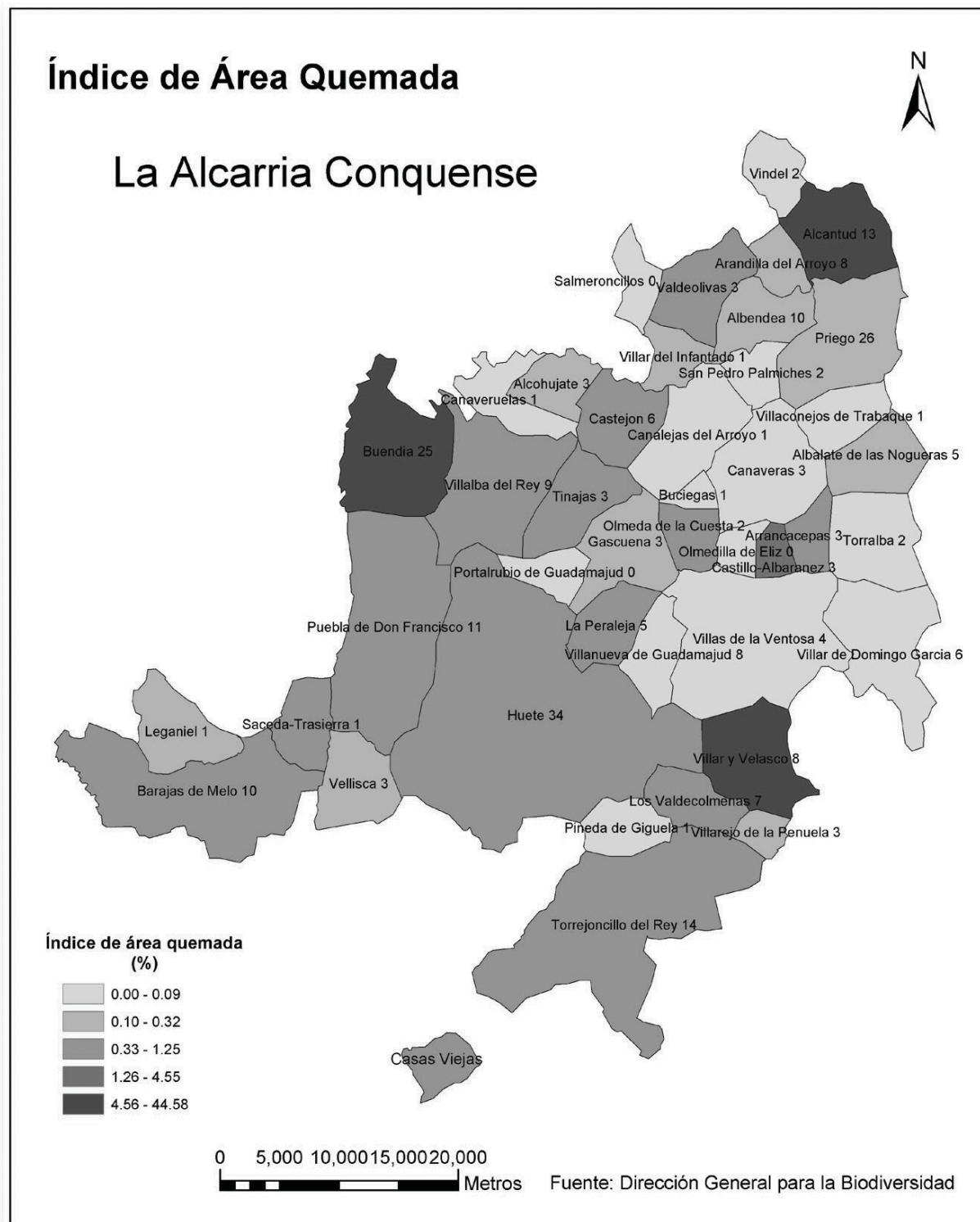


Figura 3.- Impacto de los incendios forestales sobre el medio natural de La Alcarria Conquense entre 1988 y 2003.
 Fuente: DGB³.

³ Los números en el mapa indican el número de conatos e incendios forestales ocurridos en cada municipio en el periodo analizado.

$$IAQ = \frac{\sum AQF + AQNF}{SM} * 100$$

En términos globales, no parece que los incendios forestales sean un grave riesgo ambiental ya que han afectado, en un periodo similar al analizado en los cambios de usos del suelo (1988-2003), a un 3,56% de la superficie comarcal. De los 252 eventos ocurridos, tan sólo 3 de ellos han sido grandes incendios (>500 ha) que han afectado a los municipios de Alcantud (verano de 1991), Villar y Velasco (verano de 2000) y Buendía-Puebla de Don Francisco (verano de 2003). A pesar de su escaso número, han asolado un total de 7.524 ha, es decir el 84% de la superficie total quemada en la comarca. Estos grandes incendios forestales han ocasionado cambios en la cubierta vegetal, tal como evidencia el análisis comparativo entre los mapas de usos del suelo.

Por otra parte, cerca de 900 ha de antiguos cultivos herbáceos de secano han sido pue-

tas en regadío en la cuenca del río Calva-che, en Barajas de Melo. Se trata de un sector localizado en la zona más baja de la comarca que sustenta las tierras de mayor capacidad agrológica.

La capacidad agroforestal de las tierras tiene restricciones debidas al factor topográfico, al riesgo de erosión y a la deficiencia bioclimática ocasionada por el déficit hídrico y el riesgo de heladas en este entorno del interior peninsular. Este último factor es el responsable de la inexistencia de tierras de categoría S1, las de mayor capacidad agrológica.

Comparando el mapa de usos del suelo de 2003 con el modelo de capacidad agroforestal, se aprecia la inadecuación, en algunos casos severa, de una parte de tierras agrícolas con limitada capacidad agrológica, de categorías S3 y N, ocupadas por cultivos de secano y, aún, de regadío (Tabla 3).

Los usos más preocupantes para el desarrollo sostenible de la comarca son aquellas tierras

| | | CAPACIDAD DE USO | | | | | TOTAL |
|----------------------------|---|------------------|--------------|-----------------|----------|-----------------|-------------------|
| | | S2r | S2t | S3r | S3t | S4 | |
| U S O S | 1 | 76.164,09 | 0,00 | 3.715,55 | 2.544,91 | 3.232,51 | 85.657,06 |
| | 2 | 7.726,16 | 0,00 | 926,28 | 0,00 | 142,20 | 8.794,64 |
| | 3 | 4.091,80 | 77,17 | 272,38 | | 7,93 | 4.449,28 |
| | 6 | 18,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,23 |
| | 7 | 1.662,49 | 0,00 | 429,37 | 452,68 | 148,13 | 2.692,67 |
| TOTAL | | 89.662,77 | 77,17 | 8.341,17 | | 3.530,77 | 101.611,88 |

Tabla 3.- Comparación de las zonas cultivadas con la capacidad de uso agroforestal de las tierras⁴.

4 Los códigos de los usos del suelo son los siguientes: 1 = cultivos herbáceos de secano; 2 = cultivos leñosos de secano; 3 = cultivos herbáceos de regadío; 6 = mosaico de cultivos; 7 = mosaico de cultivos y vegetación natural. Los códigos de las clases de capacidad de uso significan: S2 = buena capacidad agrícola de las tierras; S3 = buena capacidad forestal y moderada capacidad agrícola; S4 = capacidad marginal. En ocasiones, van acompañadas con factores limitantes relacionados con el riesgo de erosión (r) o la topografía (t).

cultivadas (herbáceos) con declives entre el 7 y 15% e incluso superiores al 15%. Los flancos de las alcarrias y los cerros son arados por los agricultores siguiendo la línea de máxima pendiente como consecuencia de la limitación a la inclinación lateral de la maquinaria agrícola. Estas malas prácticas agrarias suponen considerables pérdidas de suelo, anualmente. Convendría reorientar los usos en estas zonas vulnerables. En próximos trabajos, se estudiará la viabilidad de implantar usos alternativos.

Como consecuencia de estos problemas ambientales diagnosticados en el contexto de la Agenda 21 de La Alcarria Conquense, el programa de actuación de Agricultura y Ganadería del Plan de Acción Comarcal (Martínez Vega, 2007) incorpora una serie de acciones para luchar contra ellos. Se ha llegado a un compromiso para divulgar, entre los agricultores, una guía de buenas prácticas agrarias y ecocondicionalidad, para realizar un buen manejo de la cubierta vegetal, para abandonar el laboreo de las tierras agrícolas en pendientes elevadas, introducir prácticas de conservación de suelos y para adecuar las zonas pastables a la capacidad de carga ganadera. Se pretende estudiar la introducción de nuevos regadíos en aquellas tierras de mayor capacidad agrológica, donde se disponga de los recursos hídricos necesarios.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Respecto a los cambios de uso registrados, puede decirse que las ganancias de la vegetación son significativas en términos ambientales porque contienen la pérdida de suelo y mejoran la retención hídrica. No obstante, al-

gunas repoblaciones forestales con pináceas también son discutidas, especialmente las que colonizan espacios de matorrales que sustentan sistemas naturales de gran interés ecológico y que, en algunos lugares, son la vegetación climácica. En cualquier caso, traducen la reducción de presión antrópica.

Entre las pérdidas de biomasa, los grandes incendios forestales ocurridos en el periodo analizado han evidenciado cambios en la cubierta vegetal que, por su magnitud y efectos ambientales, pueden considerarse como una de las mayores amenazas para el desarrollo sostenible y para la conservación de la diversidad biológica.

Otro riesgo natural que afecta a la sostenibilidad y a la biodiversidad de la comarca es la erosión, especialmente en las tierras agrícolas ubicadas en zonas vulnerables que tienen limitaciones topográficas por sus elevadas pendientes.

Desde el punto de vista metodológico, la comparación entre los productos CLC90 y CLC2000 es muy útil pero, en ocasiones, hay que tomarla con precaución. La incorporación de nuevas clases en la leyenda CLC2000 como, por ejemplo, la presencia de olivares en regadío o de un mosaico de cultivos herbáceos en secano y regadío, refleja cambios que podrían no ser ciertos, al no existir esas categorías en 1990. Por otra parte, la borrosa frontera entre categorías muy próximas, desde el punto de vista temático, hacen pensar en transformaciones que podrían estar explicadas por la diferencia de criterios en la clasificación por parte de los distintos fotointérpretes intervinientes en el proceso carto-

gráfico. No obstante, los resultados están contrastados con otras fuentes estadísticas como los partes de incendios de la DGB o las estadísticas e informes del Servicio de Regadíos del gobierno castellano-manchego.

A pesar de las diferencias metodológicas entre los productos CLC2000 y MUS2003, éstos aportan una información preliminar de gran interés para que el gestor pueda hacer una evaluación ambiental estratégica y emprender acciones para mitigar los efectos ambientales negativos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro Nacional de Información Geográfica la cesión de los productos CORINE-Land Cover y a la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, la base de datos de incendios forestales. También, a la Unidad Asociada GeoLab (CSIC-Universidad de Alcalá) y, en particular, a la Dra. Inmaculada Aguado y a D. Antonio López Acosta, por haber facilitado el perímetro del incendio forestal de Buendía, interpretado en el contexto de un trabajo de investigación tutelado.

BIBLIOGRAFÍA

Alguacil, P. (1985). Esquema metodológico para la valoración del cambio de usos del suelo (Sierra de Ayllón). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 5: 143-165.

Baskent, E.Z. y A.I. Kadiogullari (2007). Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey: A case study in Inegöl. *Landscape and Urban Planning* 81: 316-327.

Baulies, X. y G. Szejwach (1998). *LUCC Data Requirements Workshop: survey and needs, gaps and priorities on data for land-use/land cover change research*. Barcelona, ICC.

Camacho, M.T. y J. Menor (1997). Posibilidades de análisis y caracterización temporal y espacial mediante Sistema de Información Geográfica en formato vectorial. *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada* 27: 197-220.

Cheng, K.S., Y.F. Su, F.T. Kuo, W.C. Hung y J.L. Chiang (2008). Assessing the effect of landcover changes on air temperature using remote sensing images. A pilot study in northern Taiwan. *Landscape and Urban Planning* 85: 85-96.

De la Rosa, D., F. Mayol, E. Diaz-Pereira, M. Fernandez y D. de la Rosa (2004). A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to the Mediterranean region. *Environmental Modelling & Software* 19: 929-942.

Dolman, A.J., A. Verhagen, A. y C.A. Rovers, (2003). *Global environmental change and land use*. Boston, Kluwer Academia Publishers.

Eastman, J.R. (2007). La verticalización de los Sistemas de Información Geográfica. *Memoorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Luján: 183-195.

Feranec, J., G. Hazeu, S. Christensen y G. Jaffrain (2007). Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy* 24: 234-247.

- French, A.N., T.J. Schmugge, J.C. Ritchie, A. Hsu, F. Jacob y K. Ogawa. (2008). Detecting land cover change at the Jornada Experimental Range, New Mexico with ASTER emissivities. *Remote Sensing of Environment* 112: 1730-1748.
- García-Frapolli, E., B. Ayala-Orozco, M. Bonilla-Moheno, C. Espadas-Manrique y G. Ramos-Fernández (2007). Biodiversity conservation, traditional agriculture and ecotourism: Land cover/land use change projections for a natural protected area in the northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 83: 137-153.
- Gómez, I., R. Romero y J.M. Beneitez (2007). Consideración de la dinámica espacio-temporal para la definición de actuaciones defensivas contra la erosión. *Geofocus* 7: 1-22.
- Guerra-Martínez, V. y S. Ochoa-Gaona (2005). Identificación y variación de la vegetación y uso del suelo en la reserva Pantanos de Centla, Tabasco (1990-2000) mediante sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica. *Ra Ximhai* 1 (2): 325-346.
- Hayes, D.J., W.B. Cohen, S.A. Sader y D.E. Irwin (2008). Estimating proportional change in forest cover as a continuous variable from multi-year MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 112: 735-749.
- Huang, C., K. Song, S. Kim, J.R.G. Townshend, P. Davis, J.G. Mases y S.N. Goward. (2008). Use of a dark object concept and support vector machines to automate forest cover change analysis. *Remote Sensing of Environment* 112: 970-985.
- IGN (2004). CORINE Land Cover. Proyecto I&CLC2000, España. *Actualización de la base de datos Corine Land Cover*. Informe final. Madrid, IGN.
- Jongman, R.H.G. (1996). *Ecological and landscape consequences of land use change in Europe*. Tilburg, ECNC.
- JRC-EEA (2000). *CORINE Land Cover Update 2000*. Technical Guidelines.
- Labrandero, J.L. y J. Martínez Vega (1995). Evaluación de tierras y Sistemas de Información Geográfica en la planificación de Los Montes de Toledo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 20: 135-146.
- Lambin, E.F. y H.J. Geist (2006). *Land-Use and Land-Cover change*. Berlín, Springer-Verlag.
- Liang, G. y S. Ding (2006). Driving factors of forest landscape change in Yiluo river basin. *Journal of Geographical Sciences* 16 (4): 415-422.
- Martínez Vega, J. (1989). Propuesta metodológica para la representación cartográfica de los tipos dinámicos de ocupación y uso del suelo. *Estudios Geográficos* 195: 235-258.
- Martínez Vega, J. (2007). *Plan de Acción Comarcal de La Alcarria Conquense*. Madrid, CSIC.
- Neumann, K., M. Herold, A. Hartley y C. Schmillius (2007). Comparative assessment of CORINE2000 and GLC2000: Spatial analysis of land cover data for Europe. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9: 425-437.

- Olchev, A., A. Ibrom, J. Priess, S. Erasmi, C. Leemhuis, A. Twele, K. Radler, H. Kreilein, O. Panferov y G. Gravenhorst. (2008). Effects of land-use changes on evapotranspiration of tropical rain forest margin area in Central Sulawesi (Indonesia): Modelling study with a regional SVAT model. *Ecological Modelling* 212: 131-137.
- OSE (2006). *Cambios de ocupación del suelo en España: implicaciones para la Sostenibilidad*. Madrid, OSE.
- Pontius, R.G., D. Huffaker y K. Denman (2004). Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models. *Ecological Modelling* 179: 445-461.
- Rickebusch, S., M. Gelrrich, H. Lischcke, A. Guisan y N.E. Zimmermann (2007). Combining probabilistic land use change and tree population dynamics modelling to simulate responses in mountain forests. *Ecological Modelling*. 209: 157-168.
- Rogan, J., J. Franklin, D. Stow, J. Miller, C. Woodcock y D. Roberts. (2008). Mapping land-cover modifications over large areas: a comparison of machine learning algorithms. *Remote Sensing of Environment* doi:10.1016/j.rse.2007.10.004.
- Rutherford, G.N., P. Bebi, P.J. Edwards y N.E. Zimmermann. (2008). Assessing land-use statistics to model land cover change in a mountainous landscape in the European Alps. *Ecological Modelling* 212: 460-471.
- Santana, L.M. y J. Salas (2007). Análisis de cambios en la ocupación del suelo ocurridos en sabanas de Colombia entre 1987 y 2001 usando imágenes Landsat. *Geofocus* 7: 281-313.
- Siwe, R.N. y B. Koch (2007). Change vector analysis to categorise land cover change processes using tasselled cap as biophysical indicator. *Environmental Monitoring Assessment* doi:10.1007/s10661-007-0031-6.
- Thielen, D.R., J.J. San José, R.A. Montes y R. Laird (2008). Assessment of land use changes on woody cover and landscape fragmentation in the Orinoco savannas using fractal distributions. *Ecological Indicators* 8: 224-238.
- Verbunt, M., M. Groot Zwaaffink y J. Gurtz (2005). The hydrological impact of the land cover changes and hydropower stations in the Alpine Rhine Basin. *Ecological Modelling* 187: 71-84.