

DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA OCUPACIÓN DEL SUELO Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS: EL CASO DE LA MANCHA OCCIDENTAL (ESPAÑA CENTRAL)

J. MARTÍNEZ VEGA y P. ECHAVARRÍA DASPET

Instituto de Economía y Geografía. Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC)

I. INTRODUCCIÓN

En algunas regiones semiáridas, la agricultura tradicional ha sido sustituida por otra más rentable pero poco adaptada a las condiciones ambientales del lugar. En un plazo temporal dado, estos modelos alóctonos se colapsan originando degradación ambiental y problemas socioeconómicos debido a su insostenibilidad. Este es el caso del ámbito geográfico de La Mancha Occidental y de Las Tablas de Daimiel.

Por la necesidad de ordenar estos territorios, las administraciones demandan, de forma creciente, información ambiental moderna y fiable. Ello ha obligado a diseñar estrategias de actualización de la información geográfica, especialmente la referida a los usos del suelo por ser una de las más dinámicas a corto plazo.

Es sabida la gran importancia de evaluar los cambios de ocupación del suelo que se han producido a lo largo del tiempo para planificar adecuadamente las políticas de intervención en el territorio. Existen proyectos emblemáticos de ámbito internacional que han ahondado sobre este problema (Land Use and Cover Change). En este marco se han desarrollado técnicas de validación de los modeladores de cambios de uso y ocupación del suelo empleados (Pontius *et al.*, 2004).

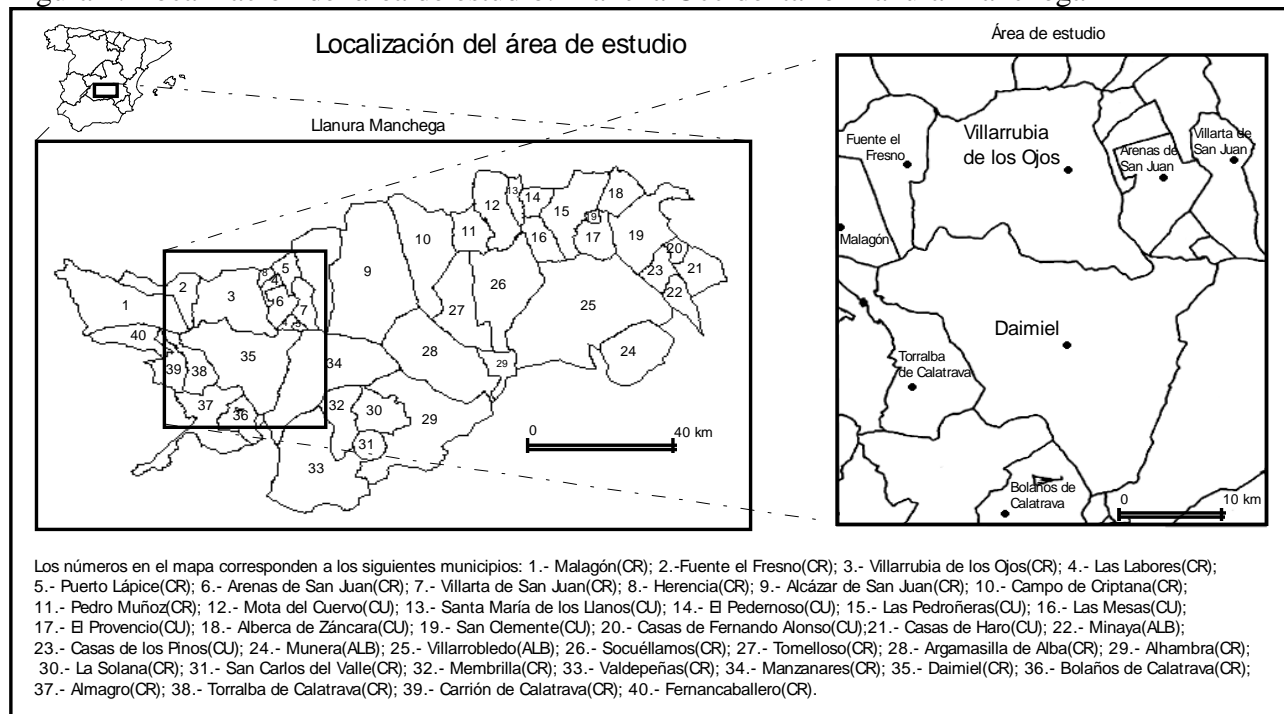
En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las imágenes de satélite, gracias a su cobertura global y a su repetitividad, son herramientas de gran valor para diagnosticar, de forma cuantitativa y objetiva, las transformaciones sufridas por un territorio dado en cuanto a su

ocupación y para realizar modelos predictivos, guiando de esta manera a los planificadores en el proceso de toma de decisiones. Eastman (2007) introduce, recientemente, el concepto de los SIG verticales y diseña un modelador de cambios de uso del suelo.

II. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es la Mancha Occidental, localizada en el centro de España. Está constituida por 40 municipios de las provincias de Ciudad Real, Cuenca y Albacete y abarca una superficie de 5.126 km² (figura 1). Está delimitada por la poligonal del Acuífero 23 ó unidad hidrogeológica 04-04. La zona más sensible es la inmediata a Las Tablas de Daimiel, donde se concentran la mayor parte de los humedales.

Figura 1: Localización del área de estudio: Mancha Occidental o Llanura Manchega



Fuente: Romero *et al.*, 1997.

Su topografía varía desde 500 a 1.100 metros de altitud. Dominan las llanuras y las pendientes suaves. Es una depresión morfoestructural rellena de materiales terciarios, principalmente calizas, cubiertos, en algunas áreas, por materiales pliocuaternarios y cuaternarios. Los materiales calizos son determinantes sobre la hidrología superficial y subterránea, dando origen al acuífero 23 y mermando los caudales que surcan su superficie.

Se pueden distinguir dos acuíferos superpuestos, con 260 hm³ como valor medio anual de los recursos renovables disponibles. El superior origina las Tablas de Daimiel, los Ojos del Guadiana y

los regadíos que se desarrollaron en los años 80. Sobre él se encuentran la mayoría de los pozos que abastecen los regadíos de la zona. El acuífero inferior, continuación de los acuíferos de Campo de Montiel y Sierra de Altomira, se extiende por unos 3.500 km² en la zona central y oriental de la Mancha Occidental. La recarga del acuífero superior tiene lugar a través de la infiltración del agua de lluvia, las pérdidas de los ríos que circulan por su superficie y el retorno del agua de riego.

El clima del área de estudio es mediterráneo templado, con verano cálido y seco. Las precipitaciones medias son moderadas y varían entre los 400 y 600 mm. La temperatura media anual presenta valores entre 12° y 16°. Existe posibilidad de heladas durante un período de, al menos, 2 meses. En los balances hídricos de la región se aprecia la existencia de 5 a 6 meses de déficit, alcanzándose los valores máximos en el mes de julio. Según el índice de aridez de Martonne, la Mancha Occidental se corresponde con una zona árida. Se constata una alternancia entre períodos húmedos y secos, coincidiendo los segundos cronológicamente con una mayor expansión del regadío. Los suelos más comunes que se encuentran en la región son los Regosoles, Cambisoles, y sobre todo, Calcisoles. Los Fluvisoles e Histosoles fólicos se corresponden con las turberas del Guadiana. La vegetación climácica son las quercíneas. En cuanto a la vegetación palustre y sumergida destacan la masiega, carrizos, espadañas y las praderas de Chara.

Según el padrón de 2006, la Mancha Occidental supera los 323.100 habitantes, concentrando el 16,7% de la población castellano-manchega y registrando una densidad media de 37,20 hab./km² que, aunque escasa en términos absolutos, es vez y media la densidad demográfica regional.

III. SISTEMA DE OCUPACIÓN DEL SUELO TRADICIONAL NO PERTURBADO

Si se analizan los fotogramas del vuelo nacional de 1956-57 se puede observar un paisaje agrario todavía muy tradicional. En la zona Norte, en las estribaciones de las sierras que cierran la llanura, existía un mayor predominio de la vegetación natural autóctona. Era frecuente encontrar pequeños encinares y quejigares –siempre en las zonas de umbría– y algunas zonas de matorrales. En estas zonas el aprovechamiento forestal era la extracción de la madera y leña. En los pequeños valles que surcan el interior de las sierras, se roturaron importantes extensiones de bosque y matorral que, por su situación y sus limitadas condiciones edáficas, habían permanecido al margen de los usos agrícolas. Se usaron para el cultivo de cereales, principalmente cebada y avena.

Asimismo, en las orlas montañosas, con pendientes fuertes y moderadas, se cultivaban los olivares. Su mayor extensión se situaba en una franja con dirección Suroeste-Noreste. Estos lugares eran

propicios para la oleicultura por una doble razón: en primer lugar, porque al situarse sobre el inicio de las rampas serranas, fuera de la llanura, las heladas resultantes de las frecuentes inversiones térmicas no afectan a los olivos; en segundo, porque la fuerte pedregosidad del suelo proporciona humedad a éste si bien, impide la existencia de cultivos herbáceos. Allí donde la pedregosidad y las pendientes eran menores, se instalaban amplios terrenos adehesados.

En el triángulo formado por el Parque Nacional, Villarrubia y Daimiel, alternaban los cultivos herbáceos y permanentes sobre pequeñas lomas y vaguadas. Los cultivos herbáceos más presentes eran la cebada y trigo. El viñedo era uno de los cultivos emblemáticos de la zona. En este período, se conoció una fuerte expansión del viñedo debido a los altos beneficios que reportaba.

En las vegas de los ríos y en las zonas más bajas –depresiones, simas y dolinas– existían pequeñas huertas familiares y campos de cultivos herbáceos en regadío. Éstos se beneficiaban del agua de los ríos Guadiana, Azuer y Gigüela y de la escasa profundidad del manto freático, lo que permitía extraer con una pequeña noria o bombas con motor de gasoil, los recursos hídricos necesarios. Estas tierras eran sometidas a un aprovechamiento, espacial y temporal, mucho más intensivo.

Los humedales y zonas pantanosas, que constituyen los Ojos del Guadiana y el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, representaban las principales superficies de agua que existían en el oeste de la Mancha Occidental. El caudal regular del Guadiana se utilizaba como fuerza motriz para los molinos y pequeñas centrales eléctricas que existían en su curso. Junto a éstos existían zonas encharcadas temporalmente, algunas de las cuales fueron desecadas mediante zanjas y drenajes.

Como puede verse, una diversidad de aprovechamientos eran complementados, enriqueciendo el paisaje agrario manchego. Podría opinarse que existía cierta subexplotación de los recursos hídricos subterráneos, como así pensaban en la época (Alvarado y Hernández-Pacheco, 1934). Sin embargo, no cabe duda, que se practicaba una agricultura sostenible que permitía la recarga del acuífero 23 y la pervivencia de los importantes humedales de la región. Aunque no se materializó, en esa época ya había apetencias para desecarlos y transformarlos en tierras agrícolas.

IV. DE LA TRILOGÍA MEDITERRÁNEA AL REGADÍO INSOSTENIBLE

IV.1. Transformaciones ocurridas entre 1956 y 1990

La transformación más radical ha sido la de los sistemas de regadío empleados. En pocos años se ha pasado de regar con pequeñas norias a distribuir el agua mediante sistemas de aspersión o de goteo (figura 2).

En la región, el viñedo juega un importante papel social, fuertemente ligado a la explotación tradicional familiar. Por este motivo, en algunos municipios, su extensión se ha visto incrementada, complementada con una progresiva intensificación, mejora y puesta en riego. En poco más de diez años, la extensión del viñedo manchego en regadío ha pasado de 5.000 ha, en 1977, a más de 25.000 ha en 1990. De forma paralela, se ha transformado el viñedo, arrancando las cepas más viejas y sustituyéndolas por nuevas plantaciones. Se introducen mejoras varietales, que repercuten en su mayor facilidad de recogida y en mayores rendimientos, y tecnológicas –riego por goteo, nuevo marco de plantación, espalderas.

Figura 2: De la noria al pívot



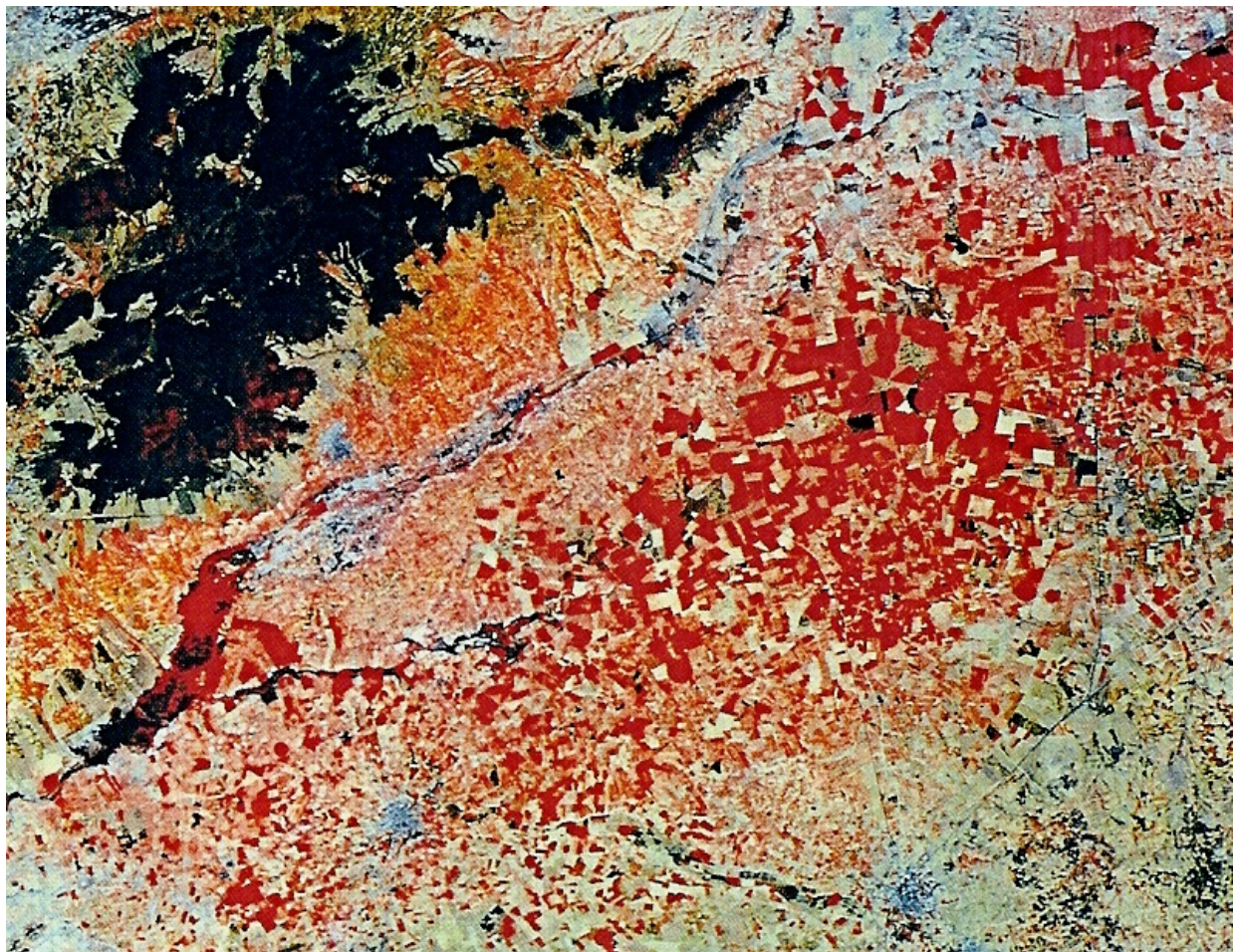
Fotografías: JAC y JMV

Entre los cultivos herbáceos destacan la cebada, girasol, alfalfa y maíz. Desde 1982, en el centro de la Mancha Occidental se ha producido un fuerte incremento de la superficie dedicada a cultivos herbáceos en regadío. Destacan Alcázar de San Juan, Membrilla y Socuéllamos. En menos de 10 años, han pasado a regar más del 70% de la superficie ocupada por cultivos herbáceos. En Villarrubia y Daimiel, tras un vertiginoso incremento, estabilizaron sus extensiones dedicadas a estos cultivos desde comienzos de los 80. En general, la extensión de los herbáceos en regadío se mantiene, desde 1981, por encima de las 25.000 ha, superando las 49.000 ha en 1990. En la figura 3 se muestra, en color rojo intenso, la distribución de los cultivos en regadío y de la vegetación palustre en el sector centro-occidental de la Llanura Manchega.

Los cultivos industriales en el regadío están constituidos por remolacha, algodón y oleaginosas. El retroceso del cultivo de la remolacha en regadío ha sido espectacular al reducir su superficie desde las 14.000 ha, en 1982, hasta 6.000 ha, en 1987. La dependencia de los agricultores de las

azucareras y la regulación estatal en la asignación de cupos productivos por zonas y en la fijación de los precios, son factores que explican las variaciones tanto en la superficie cultivada como en la localización de las mismas (Baraja, 1989). Asimismo, se registra un importante aumento de los cultivos forrajeros en las últimas décadas, durante las cuales se ha duplicado su extensión. Es la alfalfa la que destaca en la región, pasando de más de 6.000 ha, en 1982, a cerca de 12.000 en 1983. Posteriormente, mantiene su superficie con ligeros altibajos coyunturales hasta los años 90.

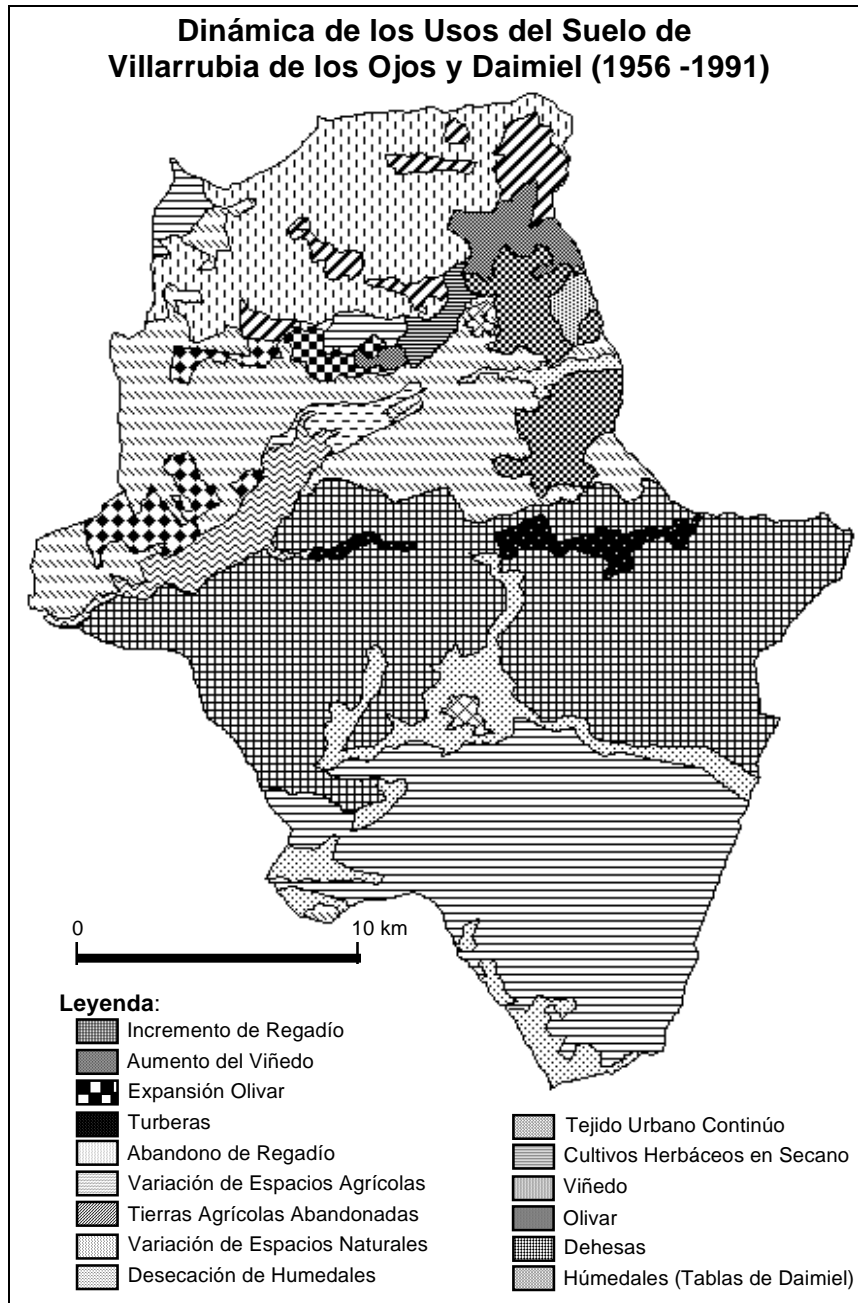
Figura 3: Escena 201-033/2 del satélite Landsat 5 TM, registrada en agosto de 1988



La expansión de las hortalizas ha sido paralela a la del regadío, con un paulatino incremento hasta alcanzar las 20.000 ha. En la zona se aprecia un crecimiento escalonado de las superficies dedicadas a melones, tomates, pimientos y berenjenas. El cultivo que más importancia tiene es el melón, que se ha expandido de forma notable. A comienzos de los años 80, se incrementó su cultivo hasta alcanzar unas 11.000 ha en 1984, momento en el cual modera su crecimiento con marcados altibajos –desde algo menos de 10.000 ha, en 1985, hasta cerca de 13.000 ha en 1988.

Los cultivos de regadío no sólo se localizan en las zonas más deprimidas topográficamente o en las vegas, sino que se extienden por todo el labrantío. En la figura 4, Romero *et al.*, 1997 muestran un ejemplo de la dinámica de usos ocurrida en el área de influencia del PN de las Tablas de Daimiel, comparando el vuelo nacional de 1956-57 con una imagen Landsat-TM de 1991.

Figura 4: Dinámica de usos del suelo en el área de influencia del PN de Las Tablas de Daimiel



Fuente: Romero *et al.*, 1997.

IV.2. Detección de cambios entre 1990 y 2000

Para analizar los cambios ocurridos en esta década recurrimos a los resultados del proyecto CORINE-Land Cover. Aunque para hacer análisis más minuciosos se requeriría otro producto de escala más grande, esta cobertura nos ofrece una visión de conjunto del acuífero 23 y la evolución de su ocupación del suelo entre 1990 y 2000.

En esa década, se ha mantenido una gran superficie de cultivos herbáceos en regadío y de un mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío que, a escala 1:100.000 y considerando el tamaño de la mínima unidad cartografiable, es imposible separar dada la gran mezcla de ocupaciones en un parcelario complejo. Ambos tipos de ocupación siguen cubriendo, en el año 2000, un total de 49.063 ha y de 96.516 ha, respectivamente, lo que significa cerca del 10 y del 18% del territorio global del acuífero 23. Como se aprecia en la figura 5, la mayor parte de los regadíos se localizan en el sector centro occidental del acuífero, desde Socuéllamos hasta Torralba de Calatrava, manteniendo una presión importante sobre los Ojos del Guadiana y el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Un segundo núcleo se localiza en el este del acuífero, en torno a Villarrobledo.

En la figura 6 se aprecian los cambios ocurridos en la ocupación del suelo a lo largo de esos diez años. A pesar de que se han abandonado más de 1.000 ha de regadío (el 0,20% del acuífero), que se han visto afectadas por una vuelta al secano o por un proceso de urbanización y de reconversión en infraestructuras, una parte importante de los cambios detectados ha sido el incremento del regadío que ha aumentado casi 11.000 ha, lo que significa una ganancia del 2,14% respecto a la superficie total del acuífero. Se trata de antiguas tierras de labor en secano que han sido transformadas en regadíos. Estas parcelas se ubican en Daimiel, Alcázar de San Juan y, en la zona oriental, entre Villarrobledo, Las Pedroñeras, San Clemente, Casas de Fernando Alonso y Casas de Haro.

V. EFECTOS DE LOS CAMBIOS EN LA OCUPACIÓN DEL SUELO

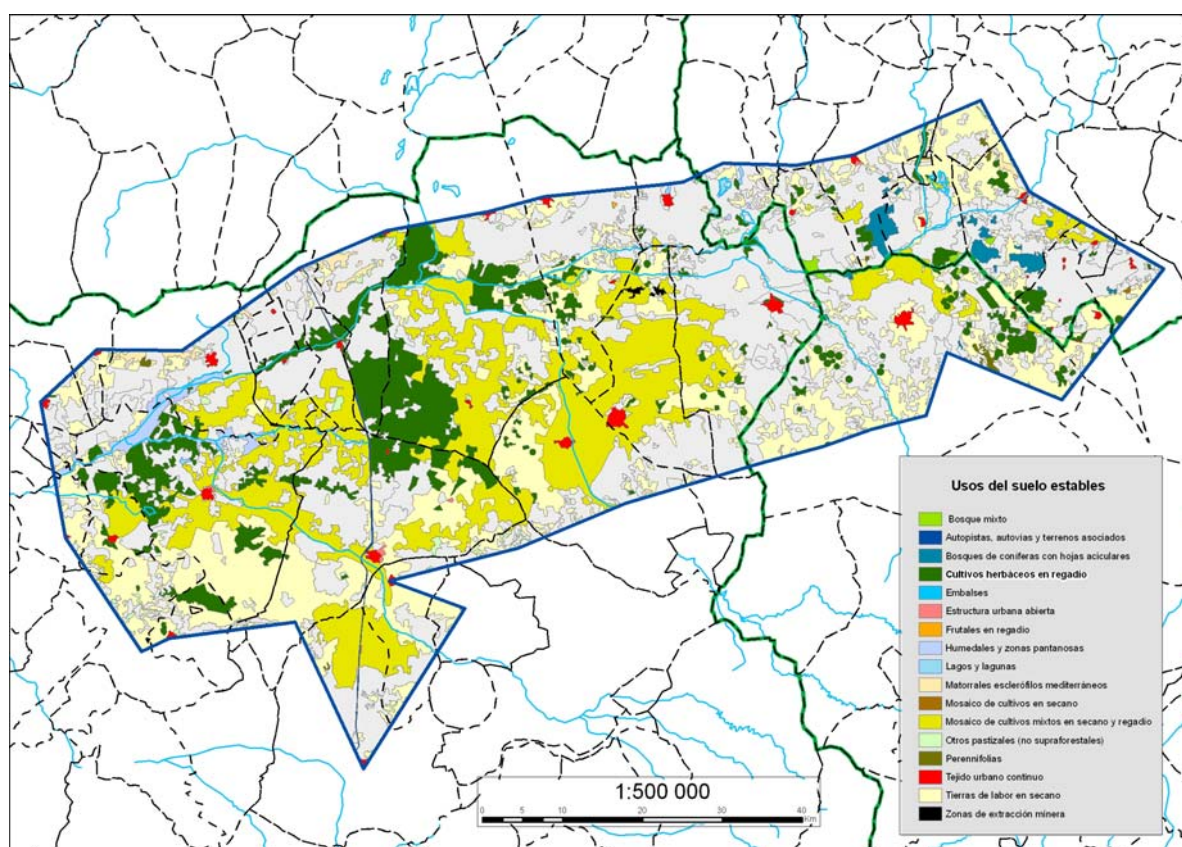
Otros autores han repasado las consecuencias ambientales de este modelo de desarrollo agrario basado en la sobreexplotación de los recursos hídricos (Aranda *et al.*, 1993; García Rodríguez y Llamas, 1993; López-Camacho, 1987, Sancho *et al.*, 1994; Sanz Donaire *et al.*, 1994). Resumimos estos impactos.

El incremento de la superficie regada en la región ha provocado un aumento del volumen de agua extraída del acuífero. Desde 1977 se han ido superando los recursos renovables del acuífero (260 hm³) hasta duplicarlos, a mediados de los años 80. Esta sobreexplotación acumulada del acuífero,

resultado de los cambios de usos del suelo, ha propiciado la declaración definitiva de sobreexplotación del acuífero.

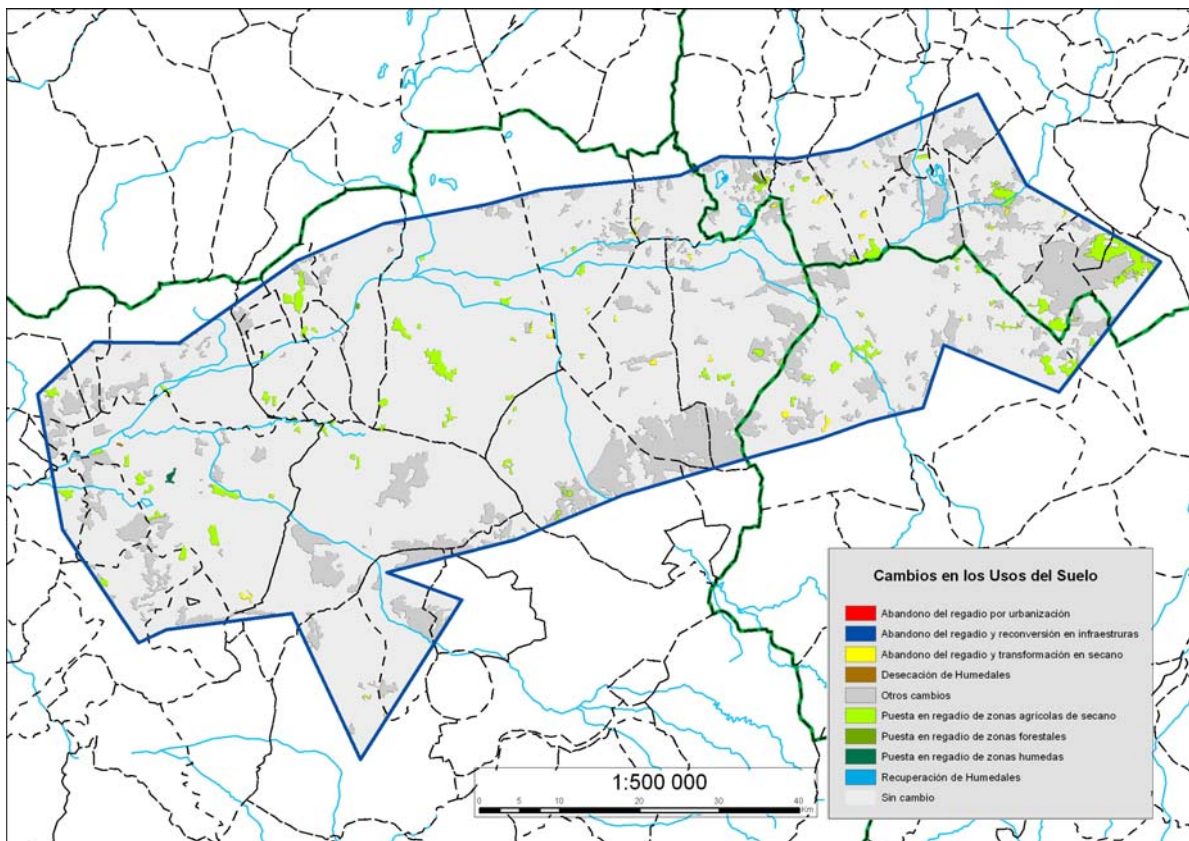
La consecuencia directa del proceso de explotación de los recursos hídricos subterráneos ha sido el descenso de la piezometría del acuífero 23 (figura 7). Desde 1974 a 1994 se ha producido un descenso medio total de 22 m en todo el acuífero, si bien en algunas zonas –entre Daimiel, Manzanares y Argamasilla de Alba– se superan los 35 m. El efecto socioeconómico inmediato es el encarecimiento de los costes que debe acometer un agricultor a la hora de poner en riego su explotación. Sin embargo, ambientalmente, existen otros efectos más graves.

Figura 5: Mapa de usos estables entre 1990 y 2000 en el acuífero 23.



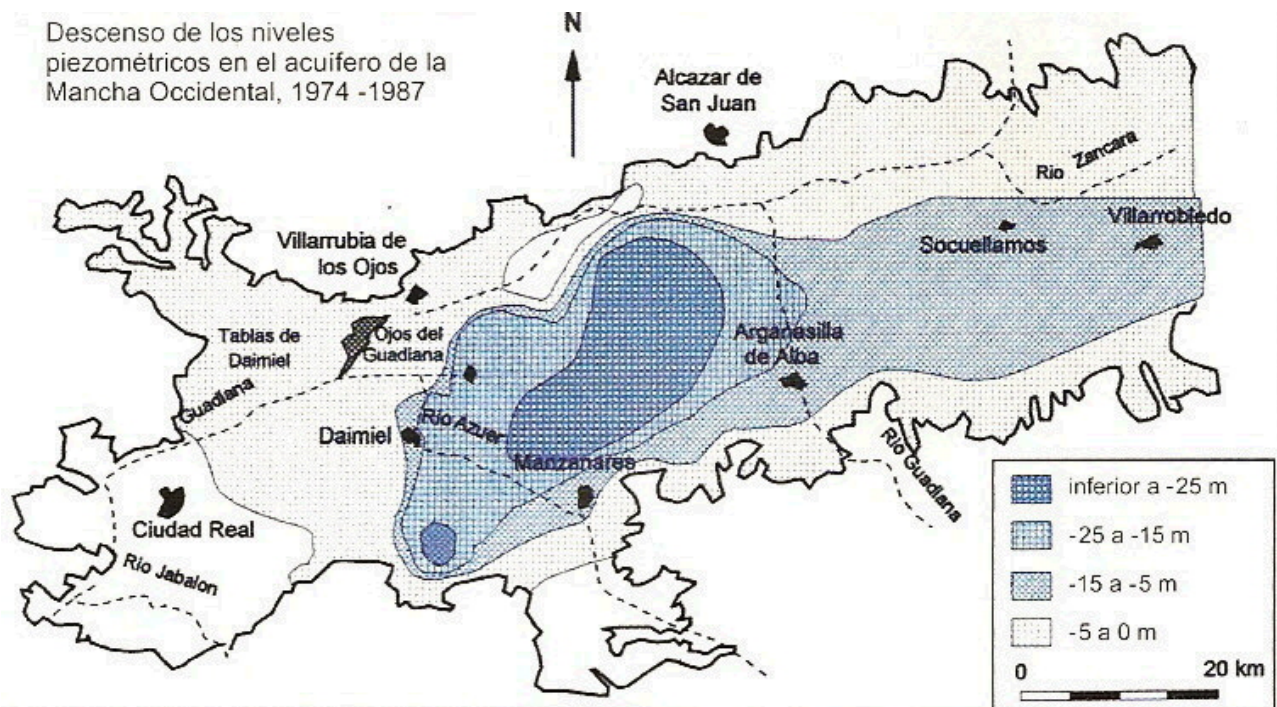
Fuente: CORINE-Land Cover 1990 y 2000. Elaboración: Pilar Echavarría (CSIC).

Figura 6: Detección de cambios en la ocupación del suelo entre 1990 y 2000 en el acuífero 23.



Fuente: CORINE-Land Cover 1990 y 2000. Elaboración: Pilar Echavarría (CSIC).

Figura 7: Evolución de la piezometría del acuífero 23

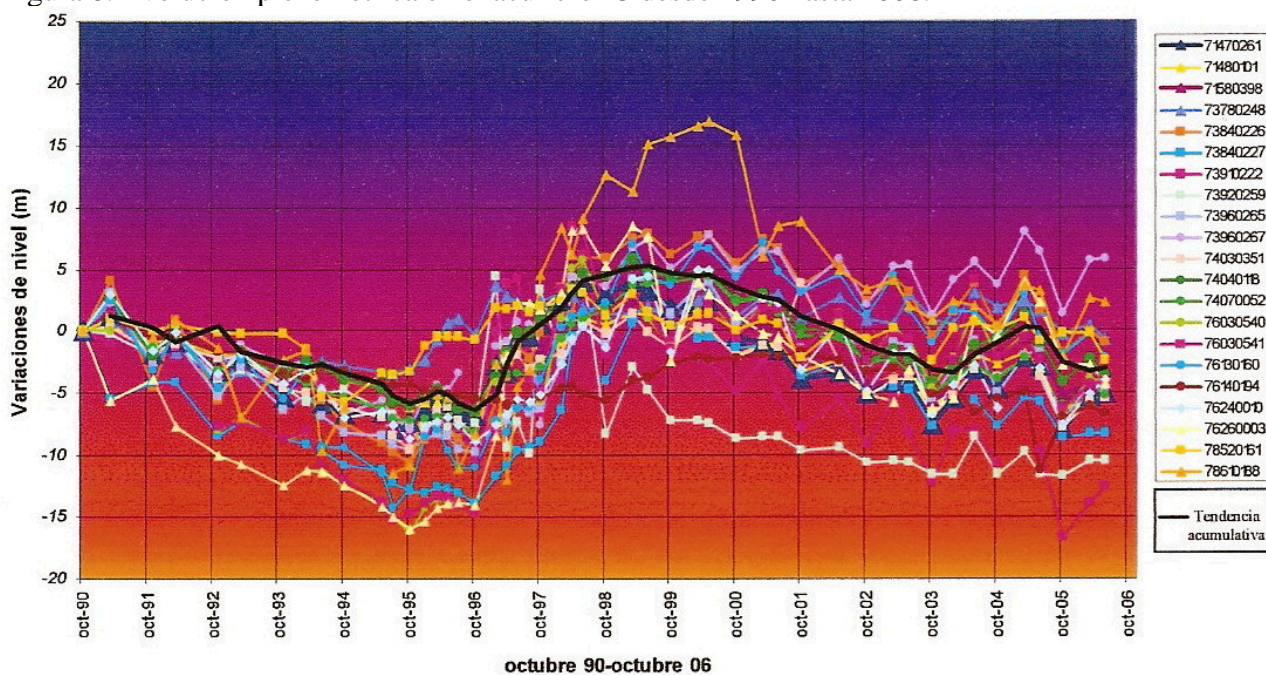


Fuente: Boletín del proyecto EFEDA: "Impacto de los cambios de usos del suelo, extracciones de aguas subterráneas y variabilidad de la precipitación en la hidrología de la cuenca alta del río Guadiana"

Desde mediados de los años 90, la Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG) realiza un seguimiento de la evolución hidrogeológica de La Mancha Occidental a partir de la observación de 21 puntos, distribuidos de forma homogénea por todo el acuífero, que disponen de información piezométrica desde octubre de 1990 hasta la actualidad. Según estos datos, puede decirse que, en términos de balance global, no se ha producido un llenado real en los últimos años sino que se ha continuado la tendencia al vaciado (figura 8).

Complementariamente, en un informe que realiza el Instituto Geológico y Minero de España (IGME, 2004) se confirman los datos de la CGH. Se concluye que, en el periodo 1980-2004, hay un descenso medio del nivel del acuífero de 22,59 m y se estima que, en ese mismo periodo, podría haberse producido un vaciado de reservas de 2.800 hm³, resultante de un vaciado de 3.750 hm³, en el periodo 1980-1995, de una recuperación de 1.750 hm³ entre 1995-1999 y de un nuevo vaciado de 800 hm³ en el periodo 1999-2004.

Figura 8: Evolución piezométrica en el acuífero 23 desde 1990 hasta 2006.



Fuente: CHG, (2007): *Plan Especial del Alto Guadiana. Documento de síntesis*, pág. 25.

Entre los impactos más visibles se encuentran la reducción de la superficie inundada de las Tablas de Daimiel, la desecación de lagunas y humedales, la desaparición de los cauces fluviales y de los Ojos del Guadiana y, por último, la pérdida de las turberas del Guadiana.

Al examinar la evolución de la superficie inundada en Las Tablas de Daimiel debemos distinguir dos periodos: uno de régimen natural hasta 1987, durante el cual el ecosistema sufría las

consecuencias de la sobreexplotación del acuífero; y un segundo, desde 1988, donde las Tablas de Daimiel están sometidas a variaciones estacionales ocasionadas, por el aporte del agua derivada por el trasvase Tajo-Segura y a su pérdida –por evaporación e infiltración–. Esta alteración es un hecho lo suficientemente expresivo de la presión a la que ha sido sometido el acuífero 23 y la búsqueda de soluciones a los problemas ocasionados. La degradación del Parque Nacional ha producido la pérdida y reducción de la fauna y la flora. Sin embargo, la derivación de caudales desde la cuenca del Tajo ha permitido la nidificación y el retorno de una parte de la avifauna. También ha permitido que los niveles freáticos, en los alrededores de las Tablas, estén por encima de los del acuífero, al actuar las tablas como una balsa de recarga.

Más clara es la desecación de las lagunas del Oeste de Daimiel –conectadas hidrológicamente con el acuífero–. Su transformación en espacios agrícolas nos puede dar una idea de la verdadera magnitud de los daños ecológicos que los cambios de usos del suelo han desencadenado.

Los ríos manchegos que atraviesan la zona (Gigüela, Záncara, Azuer, Jabalón, entre otros) se caracterizan por tener unos caudales más bien escasos, siendo en su mayoría estacionales, ligados a las precipitaciones más o menos abundantes y/o a los sobrantes del acuífero. Los escasos caudales de estos ríos y arroyos se han visto mermados por el intenso aprovechamiento del agro manchego. La duración de los estiajes desde los años 70 se ha hecho cada vez más prolongada en el tiempo, no tanto por la falta de precipitaciones como por el abuso de los recursos hídricos. Los ríos ahora, cuando llevan agua, ceden rápidamente gran parte de su caudal al exhausto acuífero. Singular y dramático es el caso del río Guadiana, el cual con un caudal muy regularizado debido a su origen kárstico, ha desaparecido como consecuencia del descenso de los niveles piezométricos del acuífero 23.

Más espectacular, si cabe, es la desaparición de los Ojos del Guadiana y la destrucción de sus turberas. Su estado actual es una de las expresiones más dramática de las repercusiones ecológicas que ha sufrido esta zona. Lo que antes eran Ojos del Guadiana y humedales de Zuacorta han dejado paso a unas grandes áreas improductivas, perdiendo para siempre su singularidad y valor ecológico. Las turberas, explotadas no hace mucho en los alrededores de Zuacorta, hoy se pierden, pasto del fenómeno de combustión espontánea.

La intensiva aplicación de abonos químicos y productos fitosanitarios está ocasionando fuertes impactos en el medio natural. Es previsible la contaminación difusa del manto freático y preocupante su difícil regeneración. En caso de que, a medio plazo, se recuperen los niveles

hídricos se hará patente este problema al entrar en contacto el agua con el suelo, saturado de productos químicos. Para mitigar este problema agro-ambiental los agricultores acogidos al Plan de Compensación de Rentas se comprometieron a reducir la aplicación de estos productos.

Desde el punto de vista socioeconómico, es evidente que estas transformaciones de la campiña manchega han repercutido en un incremento de las rentas agrarias a pesar de las elevadas inversiones que han tenido que realizar los agricultores, y su consiguiente endeudamiento, para proveer una infraestructura de riego particular que no ha sido asumida por la administración.

En resumen, los cambios estructurales y morfológicos que hemos examinado muestran el papel determinante que ha tenido la intensificación de la agricultura en el deterioro ecológico de la Mancha Occidental. Las Tablas de Daimiel sirven como “observatorio” para valorar la situación general que vive el Acuífero 23. En ellas hemos visto plasmado el intenso dinamismo que ha acompañado a esta región española y el paso de un sistema equilibrado o “sostenible” a una agricultura “insostenible” en menos de 50 años. Sin embargo, lo más grave es que el paisaje manchego, en tan corto espacio de tiempo y fruto de la intensa presión sobre el medio, ya da muestras de ese deterioro por la falta de planificación y la mala gestión de los recursos naturales.

VI. REACCIONES ANTE LA DINÁMICA DEL PAISAJE Y SUS IMPACTOS

Martínez Vega *et al* (1995) decían que las soluciones al desequilibrio entre la demanda de recursos hídricos y la oferta debían enfocarse, de forma integral, mediante dos vías que otros autores recomendaban ante situaciones similares. La primera solución aboga por un gran intervencionismo estatal mediante la construcción de grandes infraestructuras (embalses, trasvases) para adecuar la oferta al incremento de la demanda hidráulica prevista (un 0,83% anual entre 1992 y 2012 en España) y reequilibrar la desigual distribución espacial del recurso. Esta idea programática, de elevado coste, es la que ha subyacido en algunas versiones del Plan Hidrológico Nacional (Segura, 1994). La segunda línea de soluciones, sin descartar la inversión pública, pone el énfasis en la gestión, adecuando la demanda a la oferta de los recursos hídricos disponibles y no al revés (del Moral, 1994; Aureli, 1990). Esta línea argumental apuesta por una reordenación de los usos del suelo ya que la agricultura es la gran consumidora del agua. Asimismo, se insiste en la restricción de los megaproyectos hidráulicos de dudosa utilidad e, incluso, en que los usuarios más directos sufraguen, mediante cánones o gravámenes tarifarios, parte de los costes infraestructurales aunque, para ello, sea necesaria mayor participación de los mismos en las Confederaciones Hidrográficas.

Según Llamas (1994), en el caso de las aguas subterráneas, dicha participación de los usuarios es una necesidad.

Las soluciones al problema planteado en este caso de estudio han venido, de forma complementaria, por ambas vías aunque, como parece lógico, poniendo el énfasis en las medidas relacionadas con la segunda vía. Vamos a repasar, brevemente, algunas de las acciones puestas en marcha para discutir su eficacia en el siguiente apartado.

VI.1. Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

Ante la situación que sufría el Parque, la única solución eficaz para su pervivencia era reemplazar las aguas que le estaban sustrayendo los regadíos de la Mancha Occidental. El Consejo de Ministros encargó al MOPU el Estudio de Viabilidad de un Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. De las alternativas propuestas tan sólo se llevaron a cabo dos: diseño de dos baterías de pozos, dentro de los límites del Parque, cuyos caudales podían mantener inundadas entre 1.200 ha, en invierno, y 600 ha, en verano; la Derivación de Volúmenes de Agua de la cuenca del Tajo fue aprobada por Las Cortes españolas (Ley 13/1987), ante las protestas de distintos grupos. Esta ley autorizaba, con carácter experimental, una derivación hidráulica a través del acueducto Tajo-Segura.

El 29.II.1988 se realizó la primera derivación desde las instalaciones del trasvase Tajo-Segura a través del arroyo de Valdejudíos, afluente del Gigüela. Debido a la supuesta efectividad del Plan de Regeneración Hídrica se amplió la derivación de volúmenes de agua durante un período de tres años más, por Real Decreto Ley 6/1990. Según el Gobierno, los resultados de este plan han sido plenamente satisfactorios (Diario de sesiones de las Cortes, 18.I.1991 y, B.O.E. del 29.XII.1990). Por ello, se ha prorrogado en otras dos ocasiones más: Reales Decretos 5/1993 y 8/1995.

En el período 1988-1996 se ha derivado un volumen total de 110,5 hm³ de agua, llegando al Parque Nacional 47 hm³ (1988-1995). Las operaciones de derivación han alcanzado, aparentemente, el fin perseguido, lográndose encharcar 1.675 ha –de las 1.700 máximas– el 10.I.1990, lo que provocó incluso el desbordamiento de la presa de Puente Navarro. Sin embargo, la evaporación, la falta de lluvias y el estiaje determinaron los mínimos –30 ha anegadas– el 25.VIII.1994 y el 31.X.1995. Por ello, fue necesario el bombeo transitorio de la batería de pozos construidos en el Parque. Entre febrero y junio de 2002 se hizo un trasvase de 20 hm³. A pesar de ello, en 2003 tan sólo se encontraban inundadas 40 ha, es decir el 2,35% de la superficie inundable.

VI.2. Iniciativas particulares u organizadas de los agricultores

En el inicio de los años 80 y a lo largo de los años 90 se observa una espontánea y tímida sustitución de cultivos por otros menos exigentes en agua (cereales y viñedo), especialmente en el oeste del acuífero donde primero se habían notado los síntomas de agotamiento. Según datos de la CHG, se registra un crecimiento notable del viñedo que ha pasado de 28.000 ha., en 1993, hasta 47.000 ha., en 1995, y ha superado las 50.000 ha en 1999. A pesar de este aumento de su superficie, esta transformación se juzga positiva por algunos ya que, como es sabido, el viñedo es poco consumidor de agua en comparación con otros cultivos porque su demanda bruta de agua es de $2.564 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$. Por el contrario, es destacable el descenso de superficies dedicadas a los cultivos que demandan más agua. En 1987, los forrajes ocupaban 13.000 ha mientras que, en 1996, la superficie dedicada a estos cultivos era inferior a 1.000 ha. Este hecho puede considerarse positivo si se tiene en cuenta que su demanda bruta de agua es de $9.320 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$. En definitiva, siempre según esta fuente, después del periodo de 1987-89 en que se alcanzaron las máximas extracciones de agua subterránea en La Mancha Occidental, en los años 90 la demanda bruta ha descendido hasta cifras comprendidas entre 200 y $300 \text{ hm}^3/\text{año}$.

De forma paralela, los agricultores han sentido la necesidad de agruparse en comunidades de usuarios con objeto de promover la gestión racional del agua y su buen uso. A comienzo de los años 90, en La Mancha Occidental, comienzan a constituirse diversas Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CUAS). Qué duda cabe que estas organizaciones, semejantes a las asociaciones francesas o a los consorcios italianos de irrigación (Pérez, 1990), contribuyen eficazmente a la conservación y gestión racional de los recursos hídricos.

VI.3. El Programa de Compensaciones a la Renta (PCR)

Esta medida, implantada en 1993 por el gobierno regional de Castilla-La Mancha y comentada en anteriores trabajos (Sancho *et al.*, 1994; Martínez Vega *et al.*, 1995; Rosell y Viladomíu, 1997; López Sanz, 1999; Fornés *et al.*, 2000), ha sido la puesta en marcha de un programa agroambiental de compensaciones a la renta (PCR) por el abandono del regadío y por disminuir la aplicación de fitosanitarios. Las ayudas puestas a disposición del programa en el quinquenio 1993-1997 han estado cofinanciadas por la UE (75%), la Administración General del Estado (12,5%) y la Administración Autonómica (12,5%). Las subvenciones establecidas han oscilado desde los 156 hasta los 360 €/ha/año en los supuestos de que los agricultores hayan reducido el 50 o el 100% de la superficie regada. Con este programa se ha pretendido reducir los consumos de agua subterránea y ayudar a la recuperación de los niveles piezométricos del acuífero. A cambio de dichas

compensaciones, los agricultores se comprometieron, mediante contrato, a la instalación de caudalímetros en sus pozos con objeto de que los agentes de la CHG pudiesen controlar, de forma directa y objetiva, la disminución de las extracciones de agua. En diciembre de 1997, la Comisión Europea extendió el programa al periodo 1998-2001 incorporando a su ámbito geográfico a La Mancha Norte y a la Sierra de Altomira.

VI.4. Los regímenes de explotación del acuífero de La Mancha Occidental

De forma complementaria, la administración ha puesto en marcha los denominados “Regímenes de explotación del acuífero de La Mancha Occidental” durante una serie de años. De acuerdo a la Ley de Aguas vigente en esa fecha, el régimen de explotación de 1994, por ejemplo, establece un volumen de agua normal utilizado de 4.278 m³/ha para cada explotación, excepto en el uso para el riego del viñedo que reduce esta dotación a 2.000 m³/ha. Se han fijado limitaciones al empleo de los recursos hídricos, de forma dinámica en función directa del tamaño de las explotaciones. En sentido amplio, podemos considerar esta medida como una solución mixta que propicia la intervención de la administración regulando el régimen de explotación del acuífero con el propósito de ahorrar agua al tiempo que se busca una reordenación de los usos del suelo evitando cultivos que serían inviables bajo esta nueva planificación.

VI.5. Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha (SIAR)

La declaración de sobreexplotación definitiva de los acuíferos 23 y 24 en Castilla-La Mancha son dos ejemplos que expresan la necesidad de hacer un buen uso del agua a partir de adecuadas programaciones de los regadíos y de eficientes sistemas de riego, bien diseñadas y gestionadas. Así pues, en junio de 1999, la Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha creó el Servicio Integral de Asesoramiento al Regante (SIAR). El objetivo global de este servicio es ayudar a los agricultores a lograr un uso eficiente de los medios de producción, especialmente, del agua (Ortega *et al.*, 2005).

Un equipo multidisciplinar se encarga de recopilar datos de campo, proporcionar información a los agricultores y evaluar los sistemas de riego. El servicio presta asesoramiento a cerca de 500 agricultores colaboradores que llevan una superficie próxima a las 120.000 ha, lo que representa un 25% del área total irrigable en Castilla-La Mancha. Existen 23 zonas piloto repartidas por toda la región, estratégicamente distribuidas para tener un efecto demostrativo y la mayor parte de ellas se encuentran en áreas semiáridas donde existe escasez de agua. El acuífero 23 está repartido en 4 zonas piloto integradas en el SIAR.

Este servicio suministra los datos climáticos procedentes de las estaciones agroclimatológicas. Existen distintos niveles de información a los agricultores, desde el cálculo de la evapotranspiración de referencia y de un cultivo determinado hasta la determinación de la lámina bruta a aplicar en función de la programación de riegos propuesta. En definitiva, se trata de una iniciativa de transferencia de tecnología y de conocimientos a los agricultores que pretende contribuir a formar y crear capacidades para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de las explotaciones y para la planificación de los cultivos en un escenario de recursos disponibles limitados.

VI.6. El Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG)

En octubre de 2007, se firma el Protocolo de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente español y el gobierno regional de Castilla-La Mancha que supone uno de los puntos de partida para poner en funcionamiento el llamado Plan Especial del Alto Guadiana. Su ámbito territorial se extiende por 169 municipios y beneficia a una población cercana a 600.000 habitantes. Incorpora, en su totalidad, al acuífero 23 y al conjunto de La Mancha Occidental. Estará dotado con un presupuesto de 3.000 millones de €y tendrá un periodo de ejecución hasta el año 2027.

Su objetivo es conseguir un buen estado de las masas de aguas subterráneas y de las aguas superficiales asociadas para propiciar la mejora de los ecosistemas de Castilla-La Mancha y para cumplir, antes de 2015, con las exigencias de la Directiva Marco del Agua (CHG, 2007). Asimismo, pretende corregir el déficit hídrico estructural existente garantizando la conservación de los humedales al tiempo que el desarrollo socioeconómico de la región. En el PEAG no se contempla la utilización de recursos externos procedentes de otras cuencas.

El PEAG contempla un amplio conjunto de medidas para alcanzar sus ambiciosos objetivos. Entre las medidas generales, resaltamos aquellas que pretenden una reordenación de los derechos de uso de aguas a través de instrumentos como la cesión de derechos de uso o la adquisición administrativa de derechos de uso de aguas y de terrenos, a desarrollar especialmente en las áreas de influencia de los espacios naturales protegidos afectados. Asimismo, contempla el Plan de Ordenación que regula los Regímenes Anuales de Extracciones. Otras medidas generales introducen modificaciones en el régimen de explotación de los pozos existentes. Adicionalmente, se prevé un Programa de Medidas de Acompañamiento de gestión hidrológica y agraria, de apoyo a las Comunidades de Regantes, de educación y recuperación ambiental, de reconversión socioeconómica y de abastecimiento y depuración de aguas (CHG, 2007).

VII. DISCUSIÓN

Aparentemente, la transformación del secano en regadío ha supuesto un incremento de las rentas de los agricultores de La Mancha Occidental y ha dinamizado la economía de la región. Sin embargo, Martínez Vega *et al.* (1995) apuntaban que, en algunos casos, hasta las explotaciones tipo de la comarca tenían márgenes netos negativos y que la viabilidad económica de este modelo de agricultura estaba basado en las subvenciones de la PAC y de las provenientes de programas agroambientales que tienen un carácter coyuntural. Los márgenes brutos positivos no contabilizan el coste real del agua ni computan los perjuicios ambientales que ocasiona este tipo de agricultura.

Este escenario genera un debate social muy intenso que cuestiona cada una de las medidas que se han tomado por parte de las administraciones y de las que se han generado de forma espontánea. Vamos a repasar algunas discusiones planteadas respecto a cada una de estas iniciativas.

VII.1. Plan de Regeneración Hídrica del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

A juicio de algunos expertos, este tipo de medidas se han mostrado ineficaces o eficientes parcial y temporalmente porque esta solución no es definitiva al no luchar contra el origen del problema. No obstante, la Dirección del Parque Nacional afirma que debe haber una situación transitoria –trasvases y pozos– para evitar perder el ecosistema definitivamente, asumiendo que está artificializado, aunque cumple con su función tradicional como área de invernada de aves.

Todas las partes implicadas reconocen que una parte del agua trasvasada no llega a las Tablas de Daimiel. A lo largo de los 150 km de recorrido desde el Acueducto Tajo-Segura hasta el Parque Nacional, una parte del caudal se evapora o se infiltra en el lecho del río. Otra parte es captada ilegalmente por los agricultores de las explotaciones de sus márgenes para regar. Se estima, por ejemplo, que el trasvase realizado en 2002 tuvo un rendimiento del 40%.

Por otra parte, además de la cantidad de agua es necesario considerar la calidad de la misma. La que llega trasvasada por el Gigüela no es de buena calidad debido a que arrastra los residuos vertidos al río. Por otra parte, desde que se secó la madre vieja del Guadiana en 1989, ya no se produce una mezcla de aguas dulces y semisalobres en el entorno de las Tablas que es lo que, tradicionalmente, ha originado este singular ecosistema.

Llamas (1988) centra la atención sobre la probabilidad de que este Plan no ofreciese los resultados esperados de él debido a que la recarga o infiltración desde las Tablas de Daimiel al acuífero estaba

infravalorada por los informes oficiales. El CEDEX (1994) también reconoce que la derivación a través del río Cigüela no es el modo adecuado de llevar agua al PN de las Tablas de Daimiel.

Los trasvases suponen enfrentamientos entre los regantes y los habitantes de las cuencas cedentes. Sería necesario coordinación entre las cuencas y regiones afectadas y una contraprestación por parte de los receptores para compensar a los donantes, lo que elevaría los costes de producción o las indemnizaciones pagadas por la administración. Además, este grupo de soluciones implantan un modelo agronómico alóctono siendo cada vez más cuestionadas en espacios semiáridos ya que ni incentivan el ahorro de agua ni se adecuan a las condiciones biofísicas del medio.

VII.2. Iniciativas particulares u organizadas de los agricultores

A pesar de los intentos de los agricultores y de las CUAS por transformar los cultivos lo cierto es que se trata de una iniciativa insuficiente, por sí misma, para revertir este proceso de degradación. Se puede concluir que lejos de haber disminuido la superficie cultivada en régimen de regadío, ésta ha aumentado moderadamente. Este hecho viene a confirmar la tendencia creciente del vaciado del acuífero indicada por el IGME y la CHG, especialmente a partir de 1996. La detección de cambios demuestra los escasos resultados del PCR.

Por otra parte, a pesar de que la Ley de Aguas de 1985 estableció como uno de sus principios rectores la participación de los usuarios en la gestión del agua, Hernández-Mora (1998) indica que, en el caso de la Mancha Occidental, la participación de los regantes y de las CUAS no ha sido efectiva ni representativa, provocando una situación de extrema conflictividad social y el continuo deterioro del acuífero y de los humedales. Entre las razones del fracaso se citan la falta de consenso social, ausencia o representación minoritaria de ciertos grupos de interés, reglas del juego predeterminadas por la legislación vigente sin que los usuarios puedan definir arreglos institucionales que respondan a sus necesidades, escasos recursos humanos, técnicos y económicos para hacer a los usuarios partícipes efectivos en la gestión del agua, complejidad del proceso de regularización de los derechos del agua, ausencia de un programa adecuado de información y educación, falta de un sistema efectivo de seguimiento, control e implementación de los criterios de gestión, falta de un mecanismo de resolución de conflictos y falta de organización de los usuarios previa a 1985. En resumen, el escaso papel que han jugado las CUAS en la gestión del acuífero es resultado de su juventud e inexperiencia y de la rigidez de las administraciones.

VII.3. El Programa de Compensaciones a la Renta

El PCR parece una medida correcta, indudablemente mejor que las anteriores, porque aborda el verdadero problema de las Tablas y da respuesta a un problema ambiental y socioeconómico. Pero, adolece de graves deficiencias, como el retraso en la instalación de los caudalímetros, la apertura de nuevos pozos, dificultades de legalización y falta de control eficaz que otorgue credibilidad al programa. Existen mecanismos de control probados, basados en observaciones reales y no estimadas. Este planteamiento hubiera exigido proveer a la administración de los recursos humanos y técnicos suficientes para que hubiese cumplido este cometido social.

A pesar de que, en el momento de su implantación, las expectativas fueron buenas y de que ha habido autores (Rosell y Viladomiu, 1997) que hicieron un balance positivo del PCR, estimando indirectamente la recuperación de los niveles del acuífero a partir de las reducciones de superficies regadas declaradas, con el paso del tiempo el análisis de la realidad no es tan halagüeño.

Es un programa con un coste económico elevado –superior al de los trasvases– y cuya rentabilidad ambiental se obtendría a medio y largo plazo. A pesar de su interés, ha sido discutido por muchos agricultores que ven en él una compensación económica provisional, prefiriendo mayores dotaciones de agua trasvasadas que permitan rellenar los acuíferos y volver a regar. Según el seguimiento efectuado por la propia CHG, en 1995 el 26% de los regantes acogidos a este programa defraudaron, especialmente los grandes propietarios (López Sanz, 1997). Ello plantea la disyuntiva del control central frente a un control local, quizás más efectivo, pero que los propios regantes no quieren llevar a cabo. El control de las extracciones mediante la instalación de caudalímetros ha conllevado ciertas dificultades porque, al estar situados los pozos en propiedades privadas, el acceso a los mismos con objeto de ejercer un control por el personal que ejerce las funciones de policía de aguas se encuentra limitado. Por ello, es necesario apelar a la solidaridad, uno de los tres principios básicos para una adecuada gestión del agua según Llamas (1994).

López Sanz (1999) afirma que los resultados de este programa han sido bastante limitados debido a que está basado en incentivos económicos pero no considera una alternativa sostenible para el futuro. Señala que las compensaciones han sido una función directa del área regada por lo que los grandes agricultores han monopolizado las ayudas. También argumenta que las comunidades de regantes no han participado activa y responsablemente en la gestión del programa y que no se han dedicado recursos económicos del programa para una formación agroambiental de los agricultores.

VII.4. Los regímenes de explotación del acuífero de La Mancha Occidental

Esta medida puede encuadrarse en la estrategia de adecuar la demanda a la oferta restringida de recursos hídricos que parece razonable en este caso de estudio. Es evidente que este planteamiento implica una reestructuración agraria. En el momento actual, queda pendiente el diseño de un plan global de cultivos, adaptados a las condiciones biofísicas del terreno. Es imprescindible restringir aún más la superficie en regadío. En próximas campañas, hay que reducir al mínimo las superficies ocupadas por maíz, alfalfa y remolacha, sustituyéndolos por otros cultivos con buena rentabilidad y menos exigentes en agua (ajo, viñedo, cereales, oleaginosas, etc.) por sus propios requerimientos o por la eficiencia del sistema de riego (melón). Éstas son las alternativas que mejores márgenes brutos poseen por cada m³ de agua consumido (Rosell y Viladomiu, 1997). Martínez Vega *et al.*, (1995) apuntaban una vuelta a la agricultura de secano, potenciando las explotaciones más tecnificadas con orientación olivarera, vitivinícola o herbácea. Éstas poseen márgenes netos o brutos positivos. La diferencia de rentabilidad respecto a las explotaciones de regadío podría compensarse por las administraciones como incentivo al beneficio ambiental y social.

Conviene considerar también otros usos no agrarios, susceptibles de aportar un beneficio económico complementario, además del propio ambiental. El PN de las Tablas de Daimiel es capaz de generar rentas por su función recreativa. Métodos de valoración contingente (Júdez *et al.*, 1997) y de coste de viaje (Fuentes Pila *et al.*, 1997) han sido aplicados para calcular el beneficio anual susceptible de ser ingresado por este nuevo uso, compatible con la conservación de este espacio protegido. El propio PEAG (CHG, 2007) contempla un programa de reconversión socioeconómica que fomentará la diversificación de la economía de la zona mediante la promoción de otros sectores de actividad (energías renovables, industria y servicios).

VII.5. Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha (SIAR)

Teniendo en cuenta el escaso coste del servicio por unidad de superficie (Ortega *et al.*, 2005), sus resultados parecen satisfactorios (SIAR, 2007). Las evaluaciones efectuadas por el SIAR, en la Mancha Occidental durante la campaña de riego de 2006, indican que el nivel de seguimiento de las recomendaciones es elevado de tal manera que los aportes hídricos que reciben los cultivos en función del riego aplicado por el agricultor y de la precipitación efectiva se ajustan bastante bien a las necesidades hídricas recomendadas por los técnicos del servicio. La consistencia del trabajo repercute en el aumento del interés mostrado por los agricultores y en el creciente grado de seguimiento de las recomendaciones, teniendo una incidencia positiva en la gestión de los sistemas de riego y en el ahorro de agua que se estima entre un 10 y un 20% (SIAR, 2007). Parece una iniciativa de gran interés para ahorrar agua de manera que su contribución a la recuperación del

acuífero 23, y de los ecosistemas acuáticos ligados a él, es estratégica. Es un servicio que pretende ser potenciado por el PEAG. Igualmente, las asociaciones ecologistas se inclinan por su impulso.

.

VII.6. PEAG

Los grupos ecologistas (WWF *et al.*, 2006) hacen una serie de propuestas y recomendaciones que matizan o discuten las medidas contenidas en el PEAG. Insisten en la necesidad de implantar un sistema de control más eficiente para que el plan tenga credibilidad. Proponen que los caudalímetros se comiencen a instalar en 2008, empezando por los grandes consumidores y continuando, de forma inmediata, con el resto de usuarios. Además, recomiendan que el sistema de control combine los caudalímetros con el seguimiento mediante imágenes de satélite y el empleo de otras tecnologías que permitan valorar adecuadamente el uso del agua y la situación de la cuenca. Asimismo, consideran prioritaria la adquisición administrativa de derechos de agua para alcanzar los objetivos ambientales del plan, especialmente en el área de influencia de las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana. La adquisición de tierras con derechos de agua sólo es respaldada en el entorno de las zonas de interés ambiental. No consideran eficaz la adquisición de derechos de agua a través del Centro de Intercambio de Derechos de la CHG ya que la instauración de un mercado de agua sólo beneficiará, en su opinión, a quienes dispongan de recursos económicos. Consideran inapropiada la sustitución de extracciones de agua para regadío por aguas depuradas ya que puede fomentar nuevas concesiones. Tampoco están de acuerdo con las ayudas para la reestructuración del viñedo en espaldera ya que, aunque es un cultivo social y su consumo por hectárea es más reducido que el de otros, globalmente es el cultivo que más agua consume en la zona. En su opinión, deberían reconvertirse estas ayudas hacia otras medidas agroambientales o de desarrollo rural para contribuir a la viabilidad socioeconómica del área.

VIII. CONCLUSIONES

Ha quedado demostrado que el hombre de mediados de siglo, debido a la escasez de recursos tecnológicos, vivía más acorde con el medio ambiente. La implantación de métodos intensivos y las mejoras tecnológicas en la agricultura, sin planificar su desarrollo y superando ampliamente el límite de lo que el medio es capaz de sustentar, han propiciado la ruptura del equilibrio hombre-medio iniciándose los procesos de sobreexplotación del acuífero y la degradación ambiental de los ecosistemas acuáticos asociados a él.

Como puede verse, muchas son las iniciativas, programas y planes que se han implantado o que se pretenden establecer para solucionar los impactos ambientales provocados y para mantener un desarrollo socioeconómico en el área de estudio. No obstante, no existe consenso ni unanimidad

respecto a la oportunidad y la eficacia de estas acciones. Los distintos grupos de opinión mantienen posturas diferentes por lo que, aún, es necesario buscar puntos de encuentro y de colaboración entre las partes con objeto de buscar soluciones compatibles y definitivas.

IX. AGRADECIMIENTOS

La parte inicial de esta investigación fue financiada, a través del proyecto PB90-0157, por el Ministerio de Educación y Ciencia español. Agradecemos también la colaboración del Centro Nacional de Información Geográfica de España que ha suministrado la información relativa al proyecto CORINE-Land Cover.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, A. Y HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1934): *Mapa geológico de España de escala 1:50.000; Memoria explicativa de la hoja nº 760, Daimiel*, IGME, Madrid, 32 pp.

ARANDA, G., GARCÍA, J. Y MARTÍN-MONTALVO, J.M. (1993): Evolución de la calidad de las aguas en el P.N. de las Tablas de Daimiel (Ciudad Real) durante el periodo comprendido desde 1988 a 1993, *Ecología*, 7: 503-519.

AURELI, A. (1990): Léau et les conflicts entre usagers, *La gestion de l'eau*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, pp. 365-373.

BARAJA, E. (1989): La superficie dedicada al cultivo de remolacha azucarera en España: Significado de su evolución reciente, *V Coloquio de Geografía Agraria*, Universidad de Santiago, Santiago de Compostela. 185-195.

CEDEX (1994): *Estudio de la Hidrogeología isotópica de la cuenca del Alto Guadiana. Comportamiento del agua trasvasada a las Tablas de Daimiel a través del acueducto Tajo-Segura*, Informe parcial nº 2, DGOH-CHG, 32 pp.

CHG (2007): *Plan Especial del Alto Guadiana. Documento de síntesis*, <www.chguadiana.es/avisos/PEAG/A_DOC_SINTESIS.PDF>

DEL MORAL, L. (1994): Elementos para una teoría de los conflictos territoriales sobre el agua, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 18: 17-27.

EASTMAN, J.R. (2007): La verticalización de los Sistemas de Información Geográfica. *XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*, SIBSIG-Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires.

FORNÉS, J., RODRÍGUEZ, J.A., HERNÁNDEZ, N. Y LLAMAS, M.R. (2000): Possible solutions to avoid conflicts between water resources development and wetland conservation in the "La Mancha Húmeda" Biosphere Reserve (Spain), *Physics and Chemistry of the Earth., PartB: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, vol 25, 7-8: 623-627.

FUENTES-PILA, J., JÚDEZ, L., DE ANDRÉS, R. Y URZAINQUI, E. (1997): Valoración del uso recreativo del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel mediante el Método de Coste de Viaje, *XIII Encuentro de ARETHUSE*, Almagro.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1996): *Hidrogeología de las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana. Bases hidrogeológicas para una clasificación funcional de humedales ribereños*. Universidad Complutense, Madrid, Tesis Doctoral.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M. Y LLAMAS, M.R. (1993): Impacto de los regadíos en la llanura manchega, *Ecosistemas*, 5: 41-43.

HERNÁNDEZ-MORA, N. (1998): El papel de los usuarios en la gestión del agua en el acuífero de la Mancha Occidental: oportunidades ante una situación de conflicto y carestía. En: *I Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del agua*, Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza, 12 pp. <http://www.congreso.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaracomun4hernandezmo.pdf>

IGME (2004): *Evolución piezométrica de la Unidad Hidrogeológica 04.04 Mancha Occidental y del entorno del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel*, Informe nº 4, Madrid.

JÚDEZ, L., DE ANDRÉS, R., PÉREZ, C., URZAINQUI, E. E IBÁÑEZ, M. (1997): Evaluation de l'usage récréatif d'une réserve naturelle humide au moyen de la méthode d'évaluation contingente avec choix dichotomique. *Économie des Régions Méditerranéennes et Développement Durable*, Université d'Aix-Marseille, Arles, 333-364.

LÓPEZ CAMACHO, B. (1987): El aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Problemas actuales y perspectivas, *Papeles de Economía Española*, 5: 144-158.

LÓPEZ SANZ, G. (1997): El regadío en La Mancha Occidental y el Campo de Montiel. En: López, J. y Naredo, J.M. (eds). *La gestión del agua de riego*, Fundación Argentaria-Visor, Madrid, 73-97.

LÓPEZ SANZ, G. (1999): Irrigated agriculture in the Guadiana River high basin (Castilla-La Mancha, Spain): environmental and socioeconomic impacts, *Agricultural Water Management*, 40 (1999): 171-181.

LLAMAS, M.R. (1988): Conflicts between wetland conservation and groundwater exploitation: two cases in Spain, *Environ. Geol. Water Sci.*, vol. 11, 3: 241-251.

LLAMAS, M.R. (1994): El agua en España: problemas principales y posibles soluciones, *Papeles del Instituto*, nº 2, Instituto de Ecología y Mercado, Madrid, 33 pp.

MARTÍNEZ VEGA, J., NAVALPOTRO, P., CEBRIÁN, J.A. Y ROMERO, R. (1995): Repercusiones de la sobreexplotación de acuíferos y de la PAC en la sustentabilidad de la agricultura manchega, *Estudios Geográficos*, (LVI) 219: 337-369.

ORTEGA, J.F., DE JUAN, J.A. Y TARJUELO, J.M. (2005): Improving water management: the irrigation advisory service of Castilla-La Mancha (Spain), *Agricultural Water Management*, 77 (2005): 37-58.

PÉREZ, E. (1990): Communautés, Associations et Consortiums d'irrigation, *La gestion de l'eau*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, pp. 572-581.

PONTIUS, R.G., HUFFAKER, D. Y DENMAN, K. (2004): Useful techniques of validation for spatially explicit land-change models, *Ecological Modelling*, 179 (2004): 445-461.

ROMERO, R., MARTÍN, M.A., BODEGA, M.I. Y MARTÍNEZ VEGA, J. (1997): Cambios de usos del suelo en la Llanura manchega y en la Sierra de Guadalajara: dos ejemplos contrastados de desertificación. En: García Ruiz, J.M. y López García, P. (eds). *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos*, CSIC, Zaragoza, 245-275.

ROSELL, J. Y VILADOMIÙ, L. (1997): El Programa de Compensaciones a la Renta por la reducción de regadíos en Mancha Occidental y Campo de Montiel, *Economía Agraria*, 179: 331-350.

SANCHO, J., MARTÍNEZ VEGA, J., GARCÍA-ABAD, J., NAVALPOTRO, P. Y SANTAOLALLA, A. (1994): La tradición e innovación del paisaje agrario: los efectos de la PAC en la región central española, *El Campo*, 131: 215-234.

SANZ DONAIRE, J.J., DÍAZ ÁLVAREZ, M.D. Y SÁNCHEZ PÉREZ, A. (1994): La Mancha: Transformaciones forzadas de los humedales, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 18: 39-61.

SEGURA, R. (1994): El agua en España. Problemas y soluciones, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 18: 29-38.

SIAR (2007): Resultados del SIAR en la campaña de riego 2006, Hoja informativa del Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha, nº 14, <<http://crea.uclm.es/siar/Documentos/HOJA14.pdf>>

WWF, SEO/Birdlife y Ecologistas en Acción, (2006): *Propuestas de los grupos ecologistas para el Plan Especial del Alto Guadiana*
<[http://www.wwf.es/descarga/descarga_genetsis/Posicion_Grupos_Ecologistas_PEAG_definitivo20\(27_20a_bril\).pdf](http://www.wwf.es/descarga/descarga_genetsis/Posicion_Grupos_Ecologistas_PEAG_definitivo20(27_20a_bril).pdf)>