

ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS DE APOYO A LA SOSTENIBILIDAD Y PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS



Estimación de los recursos disponibles para cada masa de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana, basada en el análisis de los informes y referencias bibliográficas precedentes y en los datos de infraestructura hidrogeológica y conocimiento experto del IGME

Febrero 2010



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO



Instituto Geológico
y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	7
2. MARCO GEOGRÁFICO.	9
2.1. <i>Equivalencia entre sistemas acuíferos, unidades hidrogeológicas y masas de agua subterránea</i>	9
3. CLIMATOLOGÍA	14
3.1. <i>Temperatura</i>	14
3.2. <i>Pluviometría</i>	14
3.3. <i>Evapotranspiración</i>	16
4. PIEZOMETRÍA	17
5. FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO. COMPORTAMIENTO EN RÉGIMEN NATURAL Y PERTURBADO	22
5.1. <i>Comportamiento en régimen natural</i>	22
5.2. <i>Comportamiento en régimen perturbado</i>	25
6. CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS Y BALANCES HÍDRICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA	27
6.1. <i>Conceptos básicos sobre extracción de aguas subterráneas y su influencia en el comportamiento del sistema y en los balances hídricos</i>	27
6.2. <i>Aplicación de los conceptos anteriores a la cuenca alta del Guadiana. Evolución del comportamiento hidrológico y balances hídricos en función de las extracciones</i>	29
6.3. <i>Antecedentes de cuantificación de recursos en la cuenca alta del Guadiana</i>	31
6.4. <i>Balances hídricos por masas de agua subterránea</i>	48
6.5. <i>La cuantificación de los recursos renovables en la cuenca alta del Guadiana</i>	53
7. CONSIDERACIONES SOBRE LA EVOLUCIÓN FUTURA DEL SISTEMA HIDROLÓGICO DE LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA	57
8. RECURSOS DISPONIBLES. RECOMENDACIONES	59
9. RESUMEN Y CONCLUSIONES	62
10. GLOSARIO	64
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

Estimación de los recursos disponibles para cada masa de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana, basada en el análisis de los informes y referencias bibliográficas precedentes y en los datos de infraestructura hidrogeológica y conocimiento experto del IGME

Coordinación de los trabajos:

Carmen Antón-Pacheco Bravo
Carlos Martínez Navarrete
Miguel Mejías Moreno

Autores del informe:

Luis Martínez Cortina
Miguel Mejías Moreno
José María Ruiz Hernández
José Ángel Díaz Muñoz
Raquel Morales García

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente informe se emite a solicitud, con fecha 3 de diciembre de 2009, de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Forma parte de los trabajos previstos en el “Acuerdo para la Encomienda de Gestión por el Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General del Agua), al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas”, firmado por ambos organismos el 26 de septiembre de 2007.

La elaboración del informe se encuadra en el Acuerdo de Modificación de Actuaciones aprobado, con fecha 7 de julio de 2009, por la comisión de seguimiento de la Encomienda mencionada en el párrafo anterior, como un estudio complementario que sirva de apoyo al desarrollo del Plan Hidrológico de Cuenca 2009 de la Demarcación del Guadiana (parte española).

El objetivo principal del informe es estimar los recursos disponibles para cada masa de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana, basada en el análisis de los informes y referencias bibliográficas precedentes y en los datos de infraestructura hidrogeológica y conocimiento experto del IGME. El objetivo va más allá de la mera recopilación del conocimiento existente en una serie de tablas de valores estimados, y se incidirá en la importancia de conocer y considerar adecuadamente los conceptos a los que dichos valores responden, y en el análisis de la evolución futura del sistema ante las decisiones hidrológicas adoptadas.

El ámbito geográfico del estudio comprende la cuenca alta del río Guadiana (CAG). En ésta se manifiesta una estrecha interrelación entre las masas de agua subterránea y superficial, incluyendo diversos humedales y zonas protegidas intensamente influenciados por la explotación de los recursos hídricos subterráneos. Esta situación, profundamente marcada por los condicionantes socioeconómicos y medioambientales, ha llevado al desarrollo y aplicación de diferentes planes y políticas encaminados a conseguir un desarrollo sostenible de la zona. Con especial relevancia y actualidad, cabe resaltar la previsión legal recogida en el Plan Especial del Alto Guadiana, Real Decreto 13/2008, de 11 enero (BOE 24 enero 2008), como desarrollo de la disposición adicional cuarta de la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, en el que se recogen las premisas de una nueva política que afronte las causas del problema, desarrollando actuaciones que conduzcan a una progresiva y permanente mejora de la situación ambiental y tendente a un uso sostenible del territorio.

Este documento recoge, de manera muy resumida, el estado del conocimiento hidrológico de la CAG. En él se refleja de forma esquemática el marco geográfico, las

diferentes divisiones administrativas, el funcionamiento hidrológico e hidrogeológico y una recopilación histórica de balances hídricos, que sirve como punto de comparación con los valores reflejados en este informe.

Las cifras consideradas en los diferentes términos del balance hídrico suponen un importante esfuerzo de adecuación de estos valores a la nueva división en masas de agua subterránea (MASb). Los resultados aportados se han desarrollado teniendo en cuenta la información bibliográfica disponible, los trabajos realizados y la infraestructura hidrogeológica del IGME en la zona, la información aportada por la Confederación Hidrográfica del Guadiana y el conocimiento experto del medio físico de la CAG por parte de los autores del informe.

Además, dada la particular situación hidrológica de las MASb de la CAG, parece que lo más adecuado no es sólo limitarse a añadir unos valores numéricos que serán más o menos concordantes en los diferentes estudios, sino aportar una visión amplia de la situación y de las consecuencias hídricas del aprovechamiento de los recursos en la zona, basado en el conocimiento del medio físico y sus propiedades.

La puesta en común de estos datos constata la existencia de diversas incertidumbres, a veces relacionadas con la propia definición de los parámetros a los que se quiere asignar una magnitud, y en otros casos con la aplicación de la propia definición a una realidad física difícil de encuadrar en estos esquemas teóricos. Así, por ejemplo, la estimación de las necesidades ambientales de los ecosistemas relacionados, para pasar de recursos renovables a disponibles, supone un serio reto en la situación hídrica actual de la CAG. Otros aspectos, como las transferencias de flujos entre MASb o los volúmenes de evapotranspiración en cauces superficiales por los que raramente discurre el agua, han supuesto aspectos difíciles de evaluar. En todo caso, se ha intentado establecer unos valores concordantes con la realidad actual, el medio físico y el conocimiento de la zona, tratando de no perder nunca de vista el criterio hidrogeológico y el sentido común.

En el documento se presta una especial atención al análisis de la evolución previsible de los acuíferos y zonas húmedas en función de las decisiones hidrológicas adoptadas sobre la extracción de agua subterránea. Finaliza el informe con unas recomendaciones en relación con los recursos disponibles, uno de los objetivos básicos del trabajo. Como en el resto del documento, se incide en la importancia conceptual de los términos que se están cuantificando y en el conocimiento del comportamiento del sistema, pues se considera que las cifras por si solas no representan suficientemente el conocimiento del mismo.

2.- MARCO GEOGRÁFICO

La CAG se localiza al noreste de la cuenca hidrográfica del mismo nombre. La delimitación actual queda definida por el perímetro de la cuenca drenada por el río Guadiana, hasta el límite de las subcuencas de los ríos Becea y Jabalón; así como los arroyos del Retamar, de Valdepino, del Tamujar y del Buenvecino; todas ellas situadas aguas abajo del embalse de El Vicario, en las cercanías de Ciudad Real.

La superficie es de 18.901 km², de un total de 60.000 km² que componen la parte española de la cuenca del Guadiana. Las cuencas hidrográficas limítrofes son: por el norte, la cuenca del Tajo, por el este, la del Júcar y por el sur, la del Guadalquivir.

Desde el punto de vista administrativo pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, distribuyéndose su superficie entre las provincias de: Ciudad Real, Cuenca, Toledo y Albacete.

La orografía se caracteriza por un suave relieve, lo que le atribuye a la zona central el sobrenombre de “Llanura Manchega”. Se encuentra rodeada por las formaciones montañosas de la Sierra de Altomira y los Montes de Toledo al norte, el Sistema Ibérico al este y la Sierra de Alcaraz y Sierra Morena al sur. La zona presenta una cota de unos 600 m s.n.m. en la mayor parte del territorio correspondiente a la meseta, alcanzando cotas de 1.200 m s.n.m. en las zonas de serranía.

2.1. Equivalencia entre sistemas acuíferos, unidades hidrogeológicas y masas de agua subterránea (S.A. - U.H. - MASb).

A finales de los años 60 se inició, por parte del IGME, la investigación hidrogeológica mediante el Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PNIAS). El objetivo pretendido era cuantificar los recursos hídricos subterráneos, así como generar una infraestructura hidrogeológica en todo el territorio. En la CAG se definieron cuatro sistemas acuíferos (S.A.): S.A. nº 19 (Sierra de Altomira), S.A. nº 20 (Mancha de Toledo), S.A. nº 23 (Mancha Occidental) y S.A. nº 24 (Campo de Montiel); ITGE (1979) (Figura 1).

La definición de unidad hidrogeológica (U.H.) se recogió en el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (Real Decreto 927/1988 de 29 de julio, artículo 2.2), y tuvo como consecuencia que los cuatro sistemas acuíferos anteriormente reseñados pasaran a constituir seis unidades hidrogeológicas, Tabla 1 (DGOH-ITGE, 1988). Es en el año 2000, cuando entra en vigor la Directiva Marco del Agua (DMA 2000/60/CE), en el que se establece una nueva metodología para lograr la protección, tanto cualitativa como cuantitativa, de las

aguas en los estados miembros de la Unión Europea, y cuando se incorpora una nueva figura de gestión, la masa de agua subterránea (MASb). Según esta nueva delimitación, las masas de agua subterránea ubicadas dentro de la CAG son: 040.001 (Sierra de Altomira), 040.002 (La Obispalía), 040.003 (Lillo-Quintanar), 040.004 (Consuegra-Villacañas), 040.005 (Rus-Valdelobos), 040.006 (Mancha Occidental II), 040.007 (Mancha Occidental I), 040.009 (Campo de Calatrava) y 040.10 (Campo de Montiel), además de las masas 040.011 Aluvial del Jabalón y 040.012 Aluvial del Azuer.

En la Tabla 1 se muestra la equivalencia, a grandes rasgos, entre las delimitaciones correspondientes a S.A.– U.H. – MASb en la CAG. Cabe indicar como justificación de las diferencias existentes, los distintos criterios con los que se definieron. Así el S.A. se definió con criterios de investigación y planificación. Su delimitación se basó especialmente en la cartografía hidrogeológica. Estas razones contribuyeron a que se definiese como “un conjunto de uno o varios acuíferos relacionados o no entre sí, extendiéndose en un mismo territorio, que constituyen una unidad práctica de investigación o de explotación”.

La U.H. fue definida con criterios administrativos e hidrogeológicos, como “uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua”. En general, los límites fueron fijados mediante poligonales cuyos vértices se definían con criterios de borde impermeable, contactos geológicos relevantes o límites administrativos.

La última unidad de gestión definida es la MASb. Para su definición se parte de la propuesta inicial de UU.HH. aplicando el procedimiento que figura en el “Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias” (MMA–DGA, 2005). La diferencia de los límites obtenidos respecto a las UU.HH. es que no son poligonales, ajustándose lo más posible a la traza del criterio utilizado para su definición (Figura 2).

ESQUEMA DE LOS SISTEMAS ACUIFEROS DE LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA

- 19 Unidad caliza de Altomira
- 20 Mancha de Toledo
- 22 Aluvial del Bullaque
- 23 Llanura Manchega
- 24 Campo de Montiel

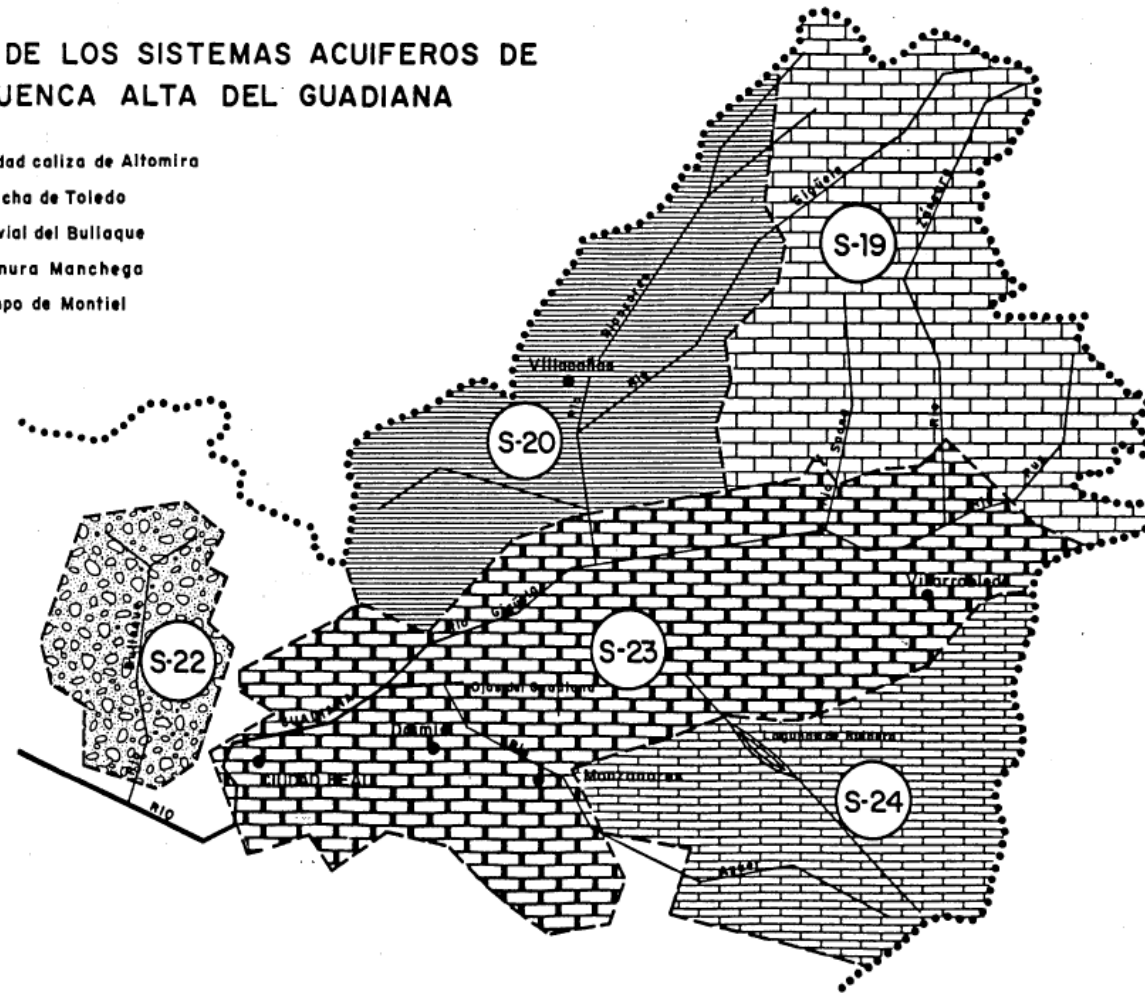


Figura 1.- Esquema de los sistemas acuíferos de la CAG.

Fuente: ITGE (1982)

Sistema acuífero (S.A.)	km ²	Unidad hidrogeológica (U.H.)	km ²	Masas de aguas subterránea (MASb)	km ²
S-19: S.A. nº 19 - Sierra de Altomira	4.370	U.H. 04.01: Sierra de Altomira	2.706	040.001 Sierra de Altomira	2.575
				040.002 La Obispalía	489
S-20: S.A. nº 20 - Mancha de Toledo	3.400	U.H. 04.02: Lillo-Quintanar	1.013	040.003 Lillo-Quintanar	1.101
		U.H. 04.03: Consuegra-Villacañas	1.202	040.004 Consuegra-Villacañas	1.605
S-23: S.A. nº 23 - Mancha Occidental	5.000	U.H. 04.04: Mancha Occidental	5.126	040.005 (*) Rus-Valdelobos	1.716
				040.006 Mancha Occidental II	2.396
				040.007 Mancha Occidental I	2.002
		U.H. 04.05: Ciudad Real	1.050	040.009 Campo de Calatrava	2.022
S-24: S.A. nº 24 - Campo de Montiel	2.700	U.H. 04.06: Campo de Montiel	2.582	040.010 Campo de Montiel	2.198
	15.470		13.682		16.109

(*) MASb constituida por parte del territorio correspondiente a U.H. 04.01: Sierra de Altomira, U.H. 04.04: Mancha Occidental y U.H. 04.06: Campo de Montiel.

Tabla 1.- Equivalencia entre sistemas acuíferos, unidades hidrogeológicas y masas de agua subterránea (S.A. – U.H. – MASb).

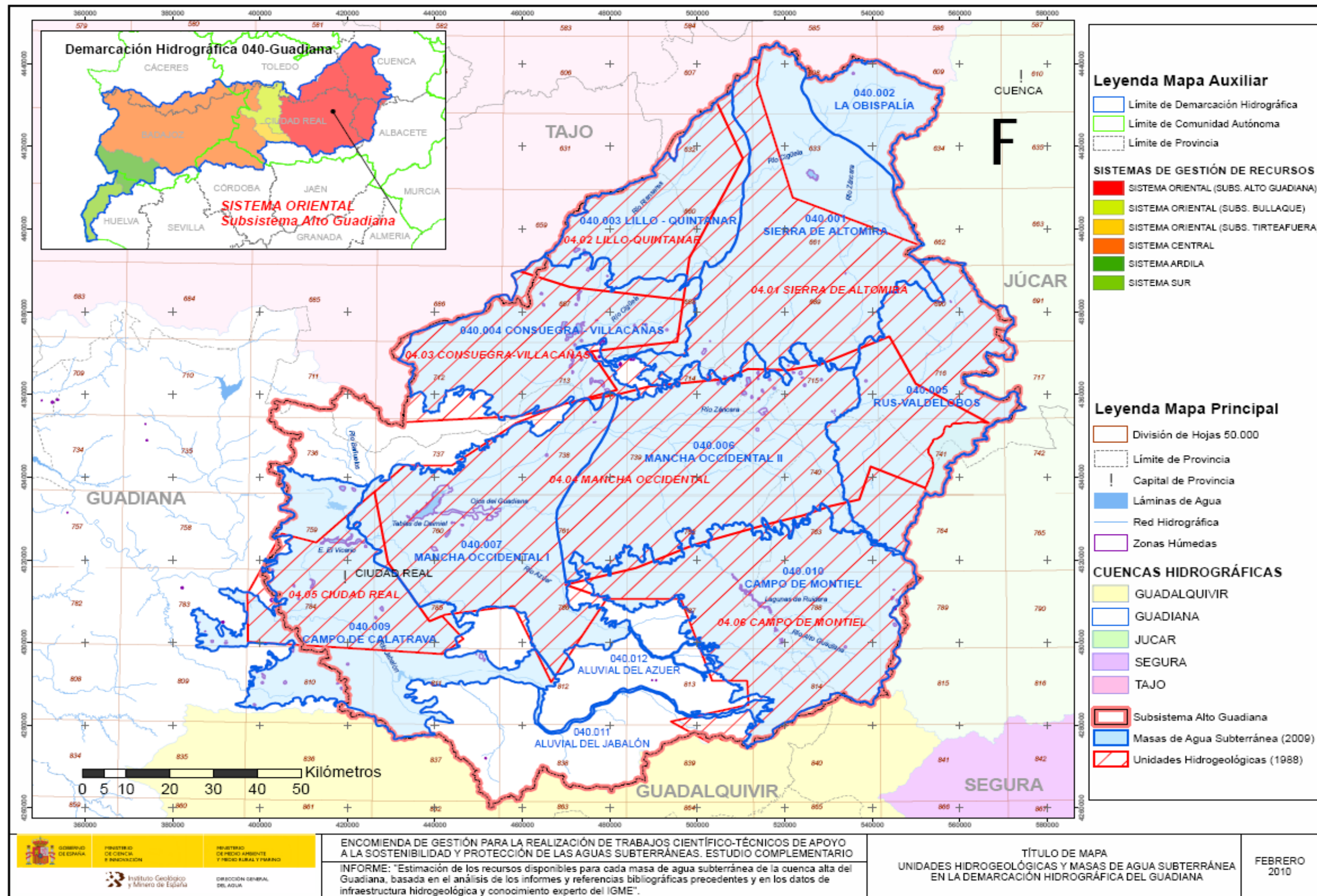


Figura 2. División de la cuenca alta del Guadiana en unidades hidrogeológicas y masas de agua subterránea

3. CLIMATOLOGÍA

3.1. Temperatura

El clima es de tipo mediterráneo-continental, caracterizado por una gran oscilación térmica, con temperaturas que pueden alcanzar hasta -10°C en invierno y 40°C en verano. Las temperaturas medias de los meses de enero y julio están en torno a los 5°C y 25°C respectivamente. La temperatura media de la región es del orden de 14°C (IGME, 2008).

Durante cinco meses al año las mínimas mensuales se mantienen por debajo de 0°C . En el curso de otros tres meses –a veces cuatro–, las máximas mensuales son superiores a los 30°C . Estadísticamente puede destacarse que en 3 de cada 5 días del invierno la temperatura baja de 6°C . Por su parte en verano, 2 de cada 3 días se superan los 24°C .

3.2. Pluviometría

La CAG es una de las zonas más áridas de España; entre las cuencas y subcuencas españolas, de un tamaño comparable, es la de carácter más seco. La precipitación media anual se sitúa en torno a los 415 mm/año . Esta precipitación se reparte de forma muy desigual, tanto interanualmente como estacionalmente.

Las precipitaciones más importantes suelen tener lugar en los meses de noviembre a enero, con otro máximo relativo en abril y mayo. Los meses más secos son julio y agosto. Es bastante frecuente que tengan un carácter tormentoso, con fuertes aguaceros de escasa duración localizados geográficamente en una zona relativamente reducida. Esto hace que sea habitual tener importantes registros puntuales de lluvia en una determinada estación pluviométrica y, sin embargo, que estos registros sean casi nulos en algunas estaciones próximas (Martínez Cortina, 2001).

En general, existe una buena correlación entre la altitud a la que se encuentran las estaciones pluviométricas y la magnitud de la lluvia. Así, a mayor altitud corresponde mayor pluviometría.

La Tabla 2 recoge un análisis de la distribución estadística de las precipitaciones medias anuales en esta zona, con una división en bandas de frecuencia, que da idea de los valores de precipitación correspondientes a años climatológicamente secos, medios y húmedos. Dado que la precipitación no se distribuye según una ley normal, puede verse como en un intervalo más pequeño para años secos ($320\text{--}370\text{ mm}$), se concentra la misma probabilidad que en un intervalo más grande para años húmedos ($460\text{--}530\text{ mm}$). En otras palabras, hay más años con valores inferiores a la precipitación media, pero los años con precipitación superior son más intensos, es decir, se desvían más de la media.

Característica años	Función de distribución de la probabilidad	Probabilidad	Precipitación
Muy secos	< 0,15	15 %	< 320 mm
Secos	0,15 – 0,35	20 %	320 – 370 mm
Medios	0,35 – 0,65	30 %	370 – 460 mm
Húmedos	0,65 – 0,85	20 %	460 – 530 mm
Muy húmedos	> 0,85	15 %	> 530 mm

Tabla 2.- Clasificación estadística de años climatológicamente secos, medios y húmedos en la CAG.

Fuente: Martínez Cortina (2001)

En la Figura 3 se ha representado la desviación acumulada de las precipitaciones, que es indicativa de la variabilidad existente y de la sucesión de ciclos secos y húmedos. Las secuencias climáticas secas, históricamente bastante habituales, suelen tener una duración mayor que las húmedas. A grandes rasgos pueden apreciarse dos periodos secos: de 1941/42 a 1957/58 y de 1979/80 a 1994/95, con una serie húmeda intermedia de 1958/59 a 1978/79. La serie seca 1979/80 – 1994/95, se interrumpió bruscamente con dos años muy húmedos, tras los cuales se han alternado años con diferentes pluviometrías.

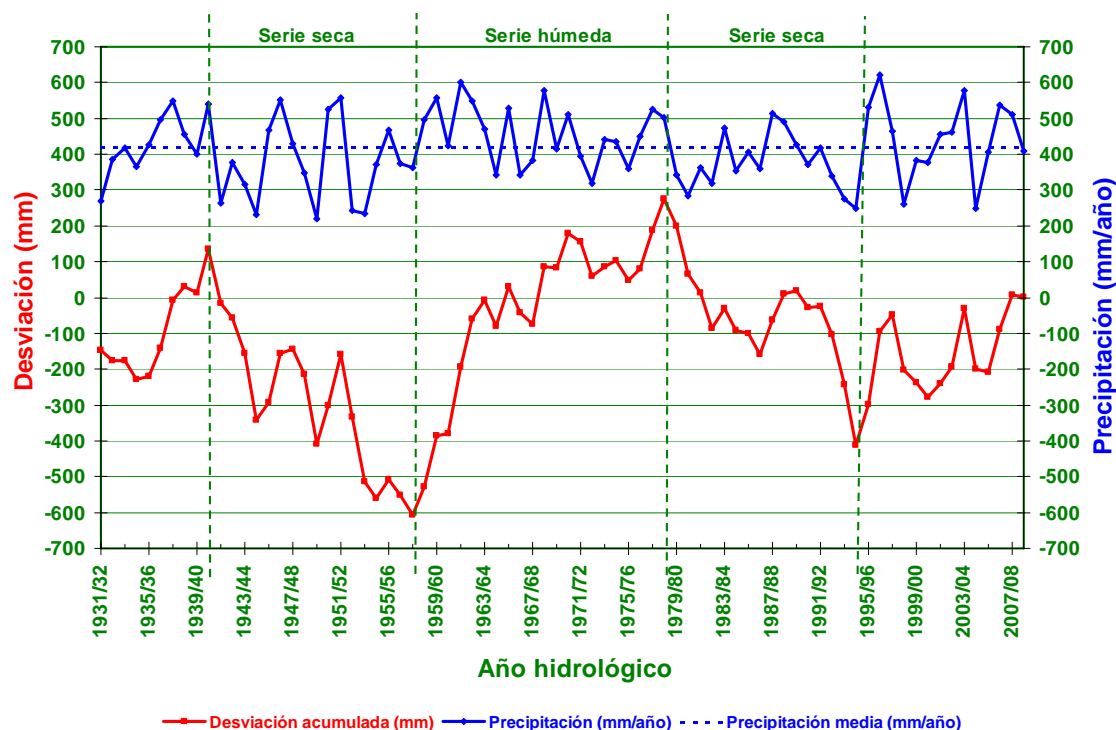


Figura 3.- Precipitación anual en la CAG, y desviaciones acumuladas respecto del valor medio.

Fuente: Modificada de Cruces *et al.* (1998) y Martínez Cortina (2001), con datos del SGOP (1991) y de la AEMET.

De una forma muy general, para el conjunto de toda la cuenca, puede hablarse de unas precipitaciones medias en abril o noviembre de unos 50–60 mm/mes, mientras que en julio y agosto los valores medios son del orden de 5–15 mm/mes.

La variabilidad espacial de la precipitación a lo largo de la cuenca, en cuanto a valores medios, no es demasiado alta. La mayor parte tiene valores históricos medios entre 400 y 500 mm/año. Sólo en las zonas más elevadas, en las cabeceras de los ríos, se sobrepasan estos valores.

En la zona central de la CAG, MASb 040.007 y 040.006 (Mancha Occidental I y II), a pesar de la importante variabilidad interanual de la precipitación, se observa una distribución muy homogénea de su valor medio anual, que se sitúa en torno a los 400–425 mm. En el extremo occidental de la MASb 040.006 (Mancha Occidental II) y en alguna zona cercana a la MASb 040.010 (Campo de Montiel), la precipitación media está en torno a los 450 mm/año. En la MASb 040.005 (Rus-Valdelobos) el valor medio también es del orden de 450 mm/año.

La MASb 040.001 (Sierra de Altomira) tiene una precipitación media cercana a los 500 mm/año. En la parte limítrofe con la MASb 040.006 (Mancha Occidental II), al sur, y MASb 040.004 (Consuegra–Villacañas), al oeste, los valores de la precipitación media anual están en torno a los 400–450 mm. A medida que se va a zonas más septentrionales de la MASb, en su zona central y en el límite noroeste con la MASb 040.03 (Lillo–Quintanar), los valores medios son del orden de 450–500 mm/año, mientras que en las zonas de cabecera de los ríos Záncara y Gigüela, y en algunos puntos del borde oriental del sistema, la precipitación media es de unos 550–600 mm/año.

En la MASb 040.004 (Consuegra–Villacañas) la precipitación media anual oscila entre 400 y 450 mm/año. La MASb 040.003 (Lillo–Quintanar) situada al norte de la anterior y topográficamente más elevada, tiene una precipitación media que de sur a norte de la unidad aumenta desde unos 400 a 500 mm/año, en la zona de cabecera del río Riansares.

Por último, en la MASb 040.010 (Campo de Montiel), la precipitación media es de unos 450 mm/año. Los valores más bajos se dan en la zona norte, próxima a la Llanura Manchega, con valores medios del orden de los 425 mm/año, mientras que las medias más altas se producen en las zonas topográficamente más elevadas de la MASb, como las cabeceras de los ríos Azuer y Cañamares, o en la zona oriental y suroriental, donde los valores medios son de unos 500 mm/año o incluso superiores.

3.3. Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial ha sido estimada en muchos estudios por el método de Thornthwaite, debido a su gran sencillez y no requerir de excesivos datos

meteorológicos. Los cálculos realizados por este método con los datos de diversas estaciones termopluviométricas de la cuenca presentan valores de evapotranspiración potencial del orden de 750–850 mm/año: IGME–IRYDA (1975), González Mas (1978), Almarza (1984), ITGE (1989b), De la Hera (1993), Montero (1994), García Rodríguez (1996), IGME (2008).

Sin embargo, para las características climáticas de la zona, la aplicación del método de Thornthwaite tiende a subestimar los valores reales de la evapotranspiración potencial durante los meses de verano. Para climas mediterráneos se ajusta mejor el método de Penman, que proporciona valores anuales más elevados y que parece estar más de acuerdo con la realidad (Martínez Cortina, 2001).

Así, por ejemplo, las estimaciones de la evapotranspiración según el método de Penman, realizadas para la zona experimental de Barrax, en Albacete, oscilan entre los 1.050–1.350 mm/año en el periodo 1975–1991, con un valor medio cercano a 1.250 mm/año (Cruces *et al.*, 1998). Para la estación de Toledo, los valores de evaporación medida en tanque clase A, dieron similares resultados medios en el periodo 1982–1992, con un rango de variación entre 1.000 y 1.500 mm/año (Fornés, 1994). Con el modelo conceptual elaborado para el proyecto europeo GRAPES (Acreman *et al.*, 2000; Estrela *et al.*, 2000) se obtuvieron valores entre 800 y 1.100 mm/año para la evapotranspiración potencial en distintas subcuencas de la CAG en el periodo 1940–1995, con un valor para el conjunto de la cuenca de 965 mm/año. El SGOP (1982) calculaba un valor medio de evapotranspiración potencial según Penman de unos 950 mm/año, para los datos meteorológicos de la estación de Ciudad Real, en el periodo 1941–1980.

Por otra parte, a partir de los datos de varias estaciones termopluviométricas de la cuenca se han hecho estimaciones de la evapotranspiración real, para distintos valores de reserva de agua en el suelo. Las cifras de diversos autores se sitúan en valores aproximados del 80, 85 y 95% de la precipitación total, según se consideren capacidades de campo de 50, 75 ó 100 mm respectivamente (IGME–IRYDA, 1975; Almarza, 1984; ITGE, 1989a; ITGE, 1989b; Montero, 1994), con lo que las cifras medias de la cuenca estarían en torno a los 330–400 mm de evapotranspiración real.

4.- PIEZOMETRÍA

El IGME controla los niveles piezométricos en la CAG de manera sistemática desde 1973, especialmente en las MASb con una mayor incidencia en aspectos socioeconómicos y medioambientales. De manera general, se puede considerar la situación piezométrica poco alterada hasta 1975, aunque el esquema de flujo natural consigue mantenerse hasta principios de los años 80, con notables descensos en los caudales de las salidas naturales de los acuíferos (Mejías *et al.*, 2004). La afección antrópica se manifiesta drásticamente al principio de la década de los años 80,

principalmente en el entonces denominado S.A. nº 23, de forma que, dadas su extensión, recursos y extracciones, junto con la conexión hidráulica entre los diferentes acuíferos que componen la CAG, condiciona la evolución de todas las MASb. La evolución piezométrica sintética que se refleja a continuación para las principales MASb se basa en los registros de nivel obtenidos por el IGME en los últimos 35 años. En la mayor parte de los casos los puntos de control que sirven como base a las conclusiones que se exponen tiene un funcionamiento regional contrastado, reflejo de la evolución regional temporal para cada masa de agua (Mejías *et al.*, 2009).

El aprovechamiento de las aguas subterráneas en la CAG, principalmente para regadío, ha supuesto importantes modificaciones en el régimen natural de flujo. De este modo, la evolución piezométrica en las MASb ha sufrido, en general, un descenso considerable de los niveles, con especial incidencia y repercusiones en las MASb de Mancha Occidental I y II. Esta situación ha motivado la desconexión hidráulica de los ríos con respecto a los acuíferos y la afección o desaparición de la mayoría de los humedales ubicados en la CAG.

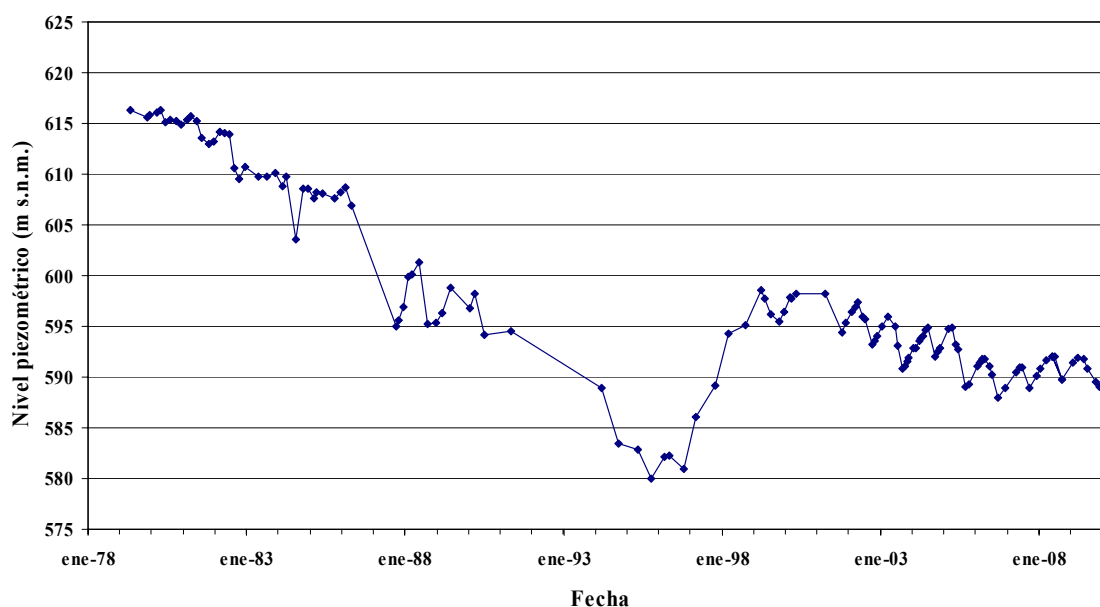


Figura 4. Evolución piezométrica en un punto de control del IGME (1930-40040) cercano a los Ojos del Guadiana (Término municipal de Villarrubia de los Ojos) (Mejías *et al.*, 2009).

Se expone a continuación, de manera muy resumida, para aproximadamente los últimos 30 años, la evolución piezométrica en las MASb: 040.001 Sierra de Altomira, 040.005 Rus-Valdelobos, 040.006 Mancha Occidental II, 040.007 Mancha Occidental I y 040.010 Campo de Montiel, en las que el IGME controla los niveles piezométricos de manera sistemática desde finales de los años 70, y que engloban en conjunto más del 80% de los recursos de la CAG, no disponiéndose de registros históricos para las restantes MASb.

040.001 Sierra de Altomira

En Sierra de Altomira resulta complicado sintetizar de manera generalizada la evolución piezométrica a escala de masa de agua subterránea, debido a su complejidad estructural, a la existencia de sectores de escasa o nula comunicación con el resto de la masa y a la existencia de niveles locales colgados. No obstante, para el objetivo de este informe se puede considerar que el flujo de agua subterránea tiene, en términos generales, un sentido de circulación Norte-Sur; y en menor medida una circulación al Oeste, hacia las MASb limítrofes: Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas, y al Este hacia la cuenca del Júcar.

La evolución piezométrica desde los años finales de la década de los 70 y principios de los 80 hasta la actualidad refleja un descenso generalizado del nivel piezométrico, con un periodo de recuperación posterior a la secuencia climatológicamente húmeda 1995/96-1997/98 para, posteriormente, continuar la tendencia descendente. La evolución piezométrica está especialmente condicionada en las zonas de la masa limítrofes con la Llanura Manchega, donde pueden encontrarse puntos de control piezométrico con descensos medios en torno a los 30 m en el periodo 1980-2009. A grandes rasgos, el descenso piezométrico resulta algo más acusado en el acuífero jurásico que en el cretácico.

040.005 Rus-Valdelobos

En la MASb Rus-Valdelobos se puede establecer una sectorización en tres áreas: acuífero jurásico de Vara del Rey, situado en la zona noroccidental de la MASb; corredor de El Provencio, en su zona central, relacionado con la fosa de la Llanura Manchega; y el acuífero jurásico Relieves de Minaya, en la parte meridional. Además, cabe destacar la particularidad de que esta MASb engloba la divisoria hidrogeológica entre las cuencas del Guadiana y el Júcar, que no coincide con la hidrológica, situada al oeste de esta última.

Esta divisoria se puede considerar como una banda que puede llegar a tener algún kilómetro de anchura, variable en función de las condiciones climatológicas y, principalmente, de la explotación del agua subterránea en su entorno. Su trazado físico difiere dependiendo de la época en que se realiza el estudio, de los puntos de control seleccionados, del acuífero controlado y de la disponibilidad de nivelación topográfica en los piezómetros. Lógicamente, al este de la divisoria hidrogeológica se produce un flujo de agua subterránea hacia la cuenca del Júcar, tanto en régimen natural como en régimen alterado.

En la zona septentrional de la MASb, el flujo se produce en sentido norte-sur, en la zona meridional en sentido sur-norte y en la zona central viene determinado por la posición de la divisoria hidrogeológica.

A pesar de la cierta complejidad de la zona, la evolución piezométrica desde los años 80 hasta 2009 refleja una clara tendencia al descenso, interrumpido únicamente durante el corto periodo húmedo mencionado en la MASb anterior, que también invierte temporalmente esta tendencia al descenso.

El descenso medio de nivel se puede establecer para el periodo mencionado en torno a 24 m, dándose la particularidad de que en los últimos años, en los que se ha moderado el descenso en la MASb situada al Oeste, Mancha Occidental II, la tendencia descendente no se ha suavizado ni siquiera en años climatológicamente húmedos (2006/07-2007/08). En la zona sur de la MASb, limítrofe con Campo de Montiel, los descensos respecto al año de referencia de 1980 llegan en algunos puntos a 30 m.

040.006 Mancha Occidental II y 040.007 Mancha Occidental I

Las MASb Mancha Occidental II (041.006) y Mancha Occidental I (041.007) ocupan la zona central de la CAG y son por extensión, recursos e implicaciones socioeconómicas y medioambientales, las más importantes de la cuenca alta. Se ubican en una depresión morfoestructural rellena de materiales de origen continental de edad terciaria y cuaternaria, sobre un zócalo paleozoico y/o mesozoico.

Tradicionalmente han constituido un único ámbito de estudio, bien como sistema acuífero 23, bien como Unidad Hidrogeológica 04.04. No obstante, la división en MASb ha tenido como hecho diferenciador básico, y probablemente con un importante sentido práctico en los aspectos de gestión, la presencia de una o dos unidades acuíferas principales. Así, en Mancha Occidental II se distinguen dos acuíferos principales: el superior formado básicamente por materiales calcáreos del Mioceno y el inferior constituido por materiales carbonatados jurásicos y cretácicos, ambos separados por un nivel intermedio que funciona como acuitardo, formado por materiales detríticos terciarios. En cambio en Mancha Occidental I sólo está presente básicamente el acuífero superior. Existe una buena conexión hidráulica entre ambos acuíferos, de manera que el flujo de agua subterránea se dispone en sentido este-oeste, desplazándose por ambos acuíferos cuando están presentes, o sólo por el superior cuando el inferior se acuña en el contacto entre ambas MASb.

El flujo en régimen natural se producía en sentido este-oeste, hacia las salidas naturales del sistema. A partir de los primeros años de la década de los 80 comienza a formarse una depresión en la zona centro-oeste de la MASb Mancha Occidental I, que se acentúa de manera continuada hasta la actualidad (Mejías *et al.*, 2004), sin que los cortos periodos húmedos supongan una modificación de esta situación. Las máximas

depresiones se producen en la zona situada entre Alameda de Cervera, Llanos del Caudillo, Daimiel y Torralba de Calatrava, donde se mantienen cotas inferiores a 600 m s.n.m.. Esto provoca que el sentido del flujo subterráneo sea básicamente noreste-suroeste en la parte oriental de la Mancha Occidental II; mientras que en la Mancha Occidental I y mitad occidental de la Mancha Occidental II las líneas de flujo adoptan una disposición radial desde los bordes hacia el interior de la depresión central.

La evolución de los niveles piezométricos está totalmente condicionada por las extracciones. Durante el periodo 1980-2009 se ha producido un descenso generalizado de los niveles piezométricos en las MASb consideradas, que podría cifrarse, como valor medio, en unos 24 metros. Se estima que dicho descenso equivale a un vaciado de reservas de unos 3.000 hm³ (Mejías *et al.*, 2009).

El ritmo de descenso no ha sido uniforme, pudiendo diferenciarse las siguientes etapas: de 1980 a 1988 descenso de niveles a un ritmo medio de 1,8 m/año; de 1988 a 1995 descensos aún más pronunciados, con un valor medio de 2,3 m/año; de 1995 a 2000 recuperación del nivel piezométrico en torno a 2,5 m/año coincidiendo con una secuencia climática húmeda; de 2000 a 2004 descenso medio acumulado de algo más de 5 m; de 2004 a 2005 ascenso medio de los niveles de 2,5 m; de 2005 a 2007 nuevo descenso cercano a los 5 m y de 2007 a 2009 ligera recuperación del nivel en torno a 0,5 m. (Figura 4).

La tendencia de descenso iniciada en 1980 sólo ha cambiado de forma apreciable en los cortos periodos húmedos, con precipitaciones muy por encima de la media, como ocurrió en el periodo húmedo de 1995-97 y en el año hidrológico 2003/04.

Estas secuencias de evolución son extrapolables a ambas MASb, si bien cabe señalar que en los dos últimos años (2007-2009) se inicia una cierta diferenciación en su comportamiento. De manera que, aunque el análisis conjunto de las dos MASb presenta el mencionado ascenso de 0,5 m, engloba un moderado descenso en Mancha Occidental II, de menor magnitud que la recuperación en Mancha Occidental I.

040.010 Campo de Montiel

El comportamiento piezométrico de la MASb Campo de Montiel está muy condicionado por sus características de acuífero kárstico y fracturado, de manera que responde de manera rápida a la intensidad y distribución de las precipitaciones. Como esquema general de funcionamiento el flujo tiene sentido sur-norte, hacia la Llanura Manchega. Se pueden definir seis sectores (Martínez Cortina, 2008):

- i) norte-noroeste, con descensos máximos en torno a 10 m durante las secuencias climáticas secas, recuperando su nivel de referencia cuando la

pluviometría vuelve a ser húmeda. Durante los periodos de sequía se observa una especial influencia de las extracciones en la Llanura Manchega;

- ii) nororiental, muy afectado por los descensos en la MASb Rus-Valdelobos, los niveles piezométricos han descendido en algunos puntos hasta 30 m con respecto a la situación a finales de 1970;
- iii) central, corresponde a la zona más karstificada, se producen fuertes oscilaciones del nivel piezométrico en función de la pluviometría, pero sin que se pueda considerar la existencia de descensos acumulados;
- iv) oeste, los efectos antrópicos tiene escasa repercusión sobre los niveles piezométricos, aunque se produce una disminución en los caudales circulantes por los cauces superficiales;
- v) meridional, sector muy sensible a los periodos secos, pero con rápida recuperación, hasta el nivel de referencia, en los periodos húmedos;
- vi) suroriental, también presenta una rápida recuperación durante las secuencias pluviométricas húmedas, pero acumula un descenso de unos 5 m desde el nivel de referencia a finales de los setenta.

En líneas generales, se puede considerar que la afección cuantitativa debido a la acción antrópica es pequeña, no obstante se observa un incremento de la transferencia subterránea hacia la Llanura Manchega y una disminución de caudales en manantiales y corrientes superficiales.

5. FUNCIONAMIENTO HIDROLÓGICO. COMPORTAMIENTO EN RÉGIMEN NATURAL Y PERTURBADO

5.1. Comportamiento en régimen natural

El funcionamiento hidrológico de la cuenca alta del Guadiana en régimen natural –o poco influenciado–, está caracterizado por la gran interrelación existente entre las aguas superficiales y las subterráneas. El equilibrio dinámico entre la escorrentía superficial, acumulada en pequeñas depresiones del terreno, y las aportaciones subterráneas, daba lugar a la existencia de numerosas lagunas y zonas húmedas de un importante interés ecológico, distribuidas en toda la cuenca alta.

La zona central del sistema, que en la actualidad comprende principalmente las masas de agua subterránea Mancha Occidental I, Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos, es conocida como la Llanura Manchega por sus características topográficas, y resulta clave en el funcionamiento de todo el sistema, actuando básicamente como colector del mismo. Las interacciones con las masas de aguas subterráneas adyacentes, especialmente con las de Sierra de Altomira al Norte y Campo de Montiel al Sur, son complejas, con unas conexiones no muy claramente definidas, debido a las complicadas características geométricas, hidrogeológicas y estructurales de las zonas de contacto. Además, en el extremo oriental del sistema, donde se sitúa principalmente la masa de

Rus-Valdelobos, existe un borde abierto con la masa de aguas subterráneas de Mancha Oriental (cuenca del Júcar), que cambia ligeramente de posición según las variaciones de los niveles piezométricos.

En cualquier caso, los principales aspectos de los mecanismos del flujo subterráneo parecen claramente establecidos (Cruces y Martínez Cortina, 2000). En régimen natural, las masas de agua subterránea centrales del sistema pueden ser descritas como un gran embalse subterráneo cerrado por materiales impermeables en su extremo sudoeste. El afloramiento del zócalo rocoso en la zona de El Vicario cierra el paso a las aguas que circulan por el acuífero, produciéndose su descarga en forma de manantiales kársticos, lagunas y humedales, en los lugares topográficamente más bajos, donde la superficie freática corta a la topográfica.

Las entradas de agua en dichas masas centrales proceden de la recarga directa de la lluvia; de los flujos laterales de otros acuíferos con niveles piezométricos más altos (más importante en el caso de Mancha Occidental II); y de la infiltración producida desde la red de aguas superficiales, cuando los cauces están por encima del nivel piezométrico. El acuífero profundo cretácico-jurásico tiene, en muchas zonas, niveles piezométricos más altos que el acuífero superior mioceno, que por tanto recibe en esas zonas la recarga del acuífero inferior. Entre ambos se intercalan niveles detríticos semipermeables que actúan como acuitardos. Los materiales mesozoicos que forman el acuífero inferior se acuñan hacia el Oeste, de tal forma que la masa de Mancha Occidental I pasa a estar constituida por materiales del Terciario y Cuaternario, siendo las calizas miocenas las que aportan las principales características acuíferas.

Las salidas de agua en una situación natural del sistema se producían por drenaje del acuífero en las zonas de descarga, y por evapotranspiración desde las zonas húmedas y las riberas de los ríos. Su estimación presenta bastantes dificultades, al igual que sucede con las entradas. En concreto, las pérdidas producidas por evapotranspiración son difíciles de calcular debido a la gran variabilidad de zonas encharcadas a lo largo del año y a la ausencia de medidas directas de evapotranspiración. En cualquier caso, la considerable superficie de zonas húmedas y de descarga en situación natural, parece indicar que el valor de estas pérdidas por evapotranspiración puede ser importante, aunque habitualmente ha sido poco estudiado y subestimado en la mayoría de los balances hídricos planteados.

En la figura 5 puede verse un perfil longitudinal muy esquemático de la zona central del sistema (Mancha Occidental I y II, y Rus-Valdelobos), desde las zonas de descarga en el sudoeste (Mancha Occidental I) a las áreas de recarga del nordeste (Rus-Valdelobos). La circulación del agua subterránea tiene un sentido general hacia el oeste. La superficie libre señalada para 1972 puede considerarse representativa de una situación del sistema cercana a la natural. Los ríos con el cauce por encima del nivel piezométrico, como el Záncara, el Alto Guadiana, y el Azuer, se infiltraban en los acuíferos de la Llanura

Manchega. Por el contrario, en los lugares en que la superficie freática cortaba a la topográfica, se originaban manantiales, como los señalados en la figura en los Ojos del Guadiana y al oeste de Villarrobledo.

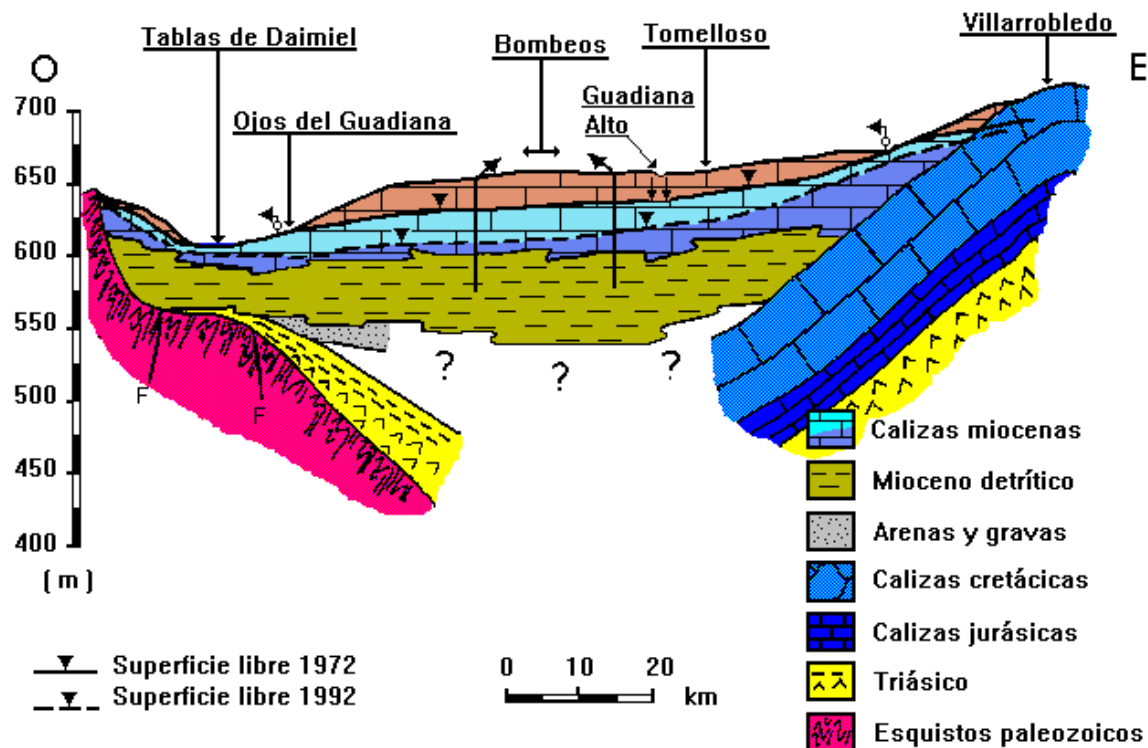


Figura 5. Perfil longitudinal de la Llanura Manchega (masas de agua subterránea de Mancha Occidental I, Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos).

Fuente: García Rodríguez y Llamas, 1992

En general, el nivel piezométrico tenía una cierta profundidad en la mayor parte de la superficie de la Llanura Manchega, lo que contribuía a dar el aspecto seco característico a los campos de La Mancha, dedicados tradicionalmente a cultivos de secano. Las excepciones se producían en los lugares topográficamente más bajos, donde las aguas superficiales, las aguas subterráneas, o la conjunción de ambas, permitían el mantenimiento permanente o estacional de zonas encharcadas. Las principales descargas del acuífero se producían de forma concentrada en lugares como los Ojos del Guadiana o las Tablas de Daimiel, y también distribuidas a lo largo de los cauces.

Al Sur del sistema, la masa de aguas subterráneas de Campo de Montiel es un acuífero de tipo kárstico, muy fracturado, constituido principalmente por materiales jurásicos, formados por calizas y dolomías en la parte inferior, y margas y calizas oolíticas en el tramo superior. Marginalmente afloran materiales triásicos y cretácicos, que representan los bordes del acuífero principal. Funciona como un acuífero libre, con un comportamiento del flujo subterráneo muy condicionado por las fracturas existentes y su dirección, mientras que su piezometría se caracteriza por oscilaciones notables

relacionadas con episodios de lluvias importantes o secuencias secas. La lluvia constituye su fuente de recarga, mientras que la descarga se produce principalmente a través de manantiales situados principalmente en los bordes oeste y sur de la masa, o bien inmersos dentro de la misma (Montero, 1994), dando lugar a ríos como el Guadiana Alto, Azuer, Cañamares, Jabalón, Córcoles o Valdelobos. La mayor parte del flujo subterráneo se transfiere hacia la zona central de la cuenca alta, bien superficialmente a través de la escorrentía generada en el Guadiana Alto, o bien a través de la transferencia lateral hacia los acuíferos de Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos, cuantitativamente importante, como se analizará posteriormente en los balances hídricos.

Por lo que respecta a las masas situadas al Norte de la Llanura Manchega, la masa de la Sierra de Altomira se recarga fundamentalmente por la infiltración del agua de lluvia y de la escorrentía superficial, mientras que la descarga natural se produce por drenaje hacia los ríos, a través de manantiales, y por descargas laterales hacia la Llanura Manchega y hacia las masas occidentales del sistema (Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas). Dentro de la complejidad existente, con diferentes acuíferos superpuestos, puede decirse que en general los materiales mesozoicos son recargados por goteo a partir de las estructuras del Terciario. En su parte más septentrional el drenaje tiene lugar hacia el río Gigüela, mientras que en su zona meridional el agua circula hacia los ríos Záncara, Saona y Rus, y hacia las comentadas masas adyacentes.

En las masas de aguas subterráneas de Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas, la recarga se produce por infiltración de la lluvia, y en algunas zonas por infiltración de ríos, especialmente durante el estiaje. El sentido de circulación del agua en los acuíferos triásico y mioceno tiene una clara componente hacia los ríos Riansares y Gigüela. En el acuífero cámbrico la circulación es hacia el norte, con drenaje hacia el río Amarguillo en la línea de Urda-Consuegra-Madrivejos. Otras descargas del sistema se producen por evapotranspiración en zonas encharcadas y por escorrentía subterránea hacia la Llanura Manchega.

5.2. Comportamiento en régimen perturbado

Con la intensa explotación de las aguas subterráneas, producida especialmente a partir de la década de los 70 del pasado siglo, el funcionamiento del sistema ha sufrido importantes modificaciones. El descenso de los niveles piezométricos ha hecho que en las masas centrales del sistema, el acuífero haya quedado descolgado de las corrientes superficiales. Esta desconexión supone la desaparición de la aportación subterránea del acuífero al caudal de los ríos. Así, las áreas húmedas se han reducido drásticamente, y muchas zonas y ríos que antes recibían la descarga del acuífero, han pasado a ser áreas de recarga, donde se produce infiltración. El esquema de flujo se encuentra ahora condicionado en muchos lugares por los descensos de nivel producidos. Por ejemplo, la formación de conos de bombeo en la parte central de la Llanura Manchega hace que el

flujo se dirija desde los contornos del sistema hacia dicha zona central. En esta situación perturbada, que es la que se ha producido en mayor o menor medida en la zona central del sistema (masas de Mancha Occidental I, Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos) los cauces se limitan a recoger la escorrentía superficial, que con frecuencia se infiltra totalmente en los acuíferos sin llegar al final de la cuenca, al embalse de El Vicario. A partir de que se produce la desconexión del acuífero y las corrientes superficiales, el balance hídrico negativo se traduce esencialmente en descenso de niveles piezométricos (Martínez Cortina, 2003).

Es importante diferenciar este comportamiento de las masas centrales de la cuenca alta con las masas de aguas subterráneas laterales. Dadas sus características, las masas situadas al Norte de las tres anteriores (La Obispalía, Sierra de Altomira, Lillo-Quintanar y Consuegra-Villacañas) no han tenido una extracción de aguas subterráneas significativas en comparación con las de la Llanura Manchega, salvo en las zonas más próximas a la misma, y los problemas de alteraciones sobre el régimen natural son más moderados, y debidos más a actuaciones puntuales sobre el medio hídrico y a la influencia de las masas de la Llanura Manchega.

Mención aparte merece el caso de la masa de aguas subterráneas del Campo de Montiel. Como se indicaba anteriormente, su carácter kárstico y fracturado produce un comportamiento muy condicionado por la pluviometría y caracterizado por notables oscilaciones piezométricas. A su vez, estas oscilaciones condicionan de forma muy estacional la situación de las zonas húmedas de la masa, y en concreto de las Lagunas de Ruidera, un conjunto de lagunas escalonadas que discurren en dirección noroeste dentro del Campo de Montiel.

Desde el punto de vista de su comportamiento hídrico cualitativo, el acuífero del Campo de Montiel no ha sufrido alteraciones drásticas con respecto a su funcionamiento en régimen natural, al contrario de lo que sucedía en las masas centrales de la cuenca. Las importantes oscilaciones de los niveles piezométricos obedecen más en este caso a las secuencias pluviométricas que a las extracciones de agua del acuífero, que se mantienen en valores moderados. La mayor alteración sobre la situación en régimen natural la constituye la regulación artificial mediante el Embalse de Peñarroya, que comenzó a funcionar a finales de los años 50 del pasado siglo. Por otra parte, y desde un punto de vista cuantitativo, el descenso generalizado e importante de niveles en las masas de Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos, a las que descarga lateralmente el acuífero del Campo de Montiel, ha inducido un cierto incremento de dicha transferencia, que se cuantifica de forma aproximada en el apartado de balances hídricos.

6. CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS Y BALANCES HÍDRICOS EN LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA

La cuantificación de los recursos subterráneos de la cuenca alta del Guadiana es uno de los principales caballos de batalla en el ámbito del conocimiento hidrológico del sistema, y uno de los objetivos del presente informe.

Al enfrentarse a este problema, lo primero que surge es la gran dificultad de definir con claridad un buen número de conceptos que son empleados de forma habitual en estos temas. Así, es muy frecuente hablar de recursos renovables, recursos disponibles, recarga, recarga de la lluvia, infiltración, recarga natural, recarga neta, recarga eficaz, recarga indirecta, escorrentía subterránea, componente base, flujo base, aportación subterránea y otros términos análogos. Es habitual que algunos de ellos se utilicen de modo genérico para hacer alusión a conceptos en realidad distintos. Otras veces se utilizan términos diferentes para hacer referencia a un mismo concepto. En general la terminología utilizada induce a la confusión, dada la falta de coherencia existente entre unas fuentes y otras, producto de la ausencia de un criterio científico común a la hora de definir muchos de estos términos (Llamas *et al.*, 2001). Como luego se verá, tampoco las definiciones oficiales ayudan a clarificar este tema, pues no siempre parecen responder a los conceptos a los que tratan de hacer referencia. Al final de este informe se ha incluido un Glosario en el que se pretenden definir los términos utilizados. Además, se intenta en todo momento incidir en lo que realmente representan los conceptos de los que se está hablando.

En los numerosos trabajos desarrollados hasta la fecha sobre la cuenca alta del Guadiana, o sobre alguna zona parcial de la misma, pueden encontrarse diversos intentos de confeccionar balances hídricos o de cuantificar de alguna manera los recursos subterráneos. En el apartado 6.3 se analizan algunos de estos intentos. Es difícil comparar unos con otros o tratar de realizar una síntesis basada en varios de ellos, debido a la problemática comentada anteriormente, a la diferente forma de plantear los términos y el concepto del balance, e incluso a las diferencias existentes en los ámbitos geográficos a los que están referidos los distintos trabajos (generalmente acuíferos, unidades hidrogeológicas, masas de agua subterránea, o cuenca entera con distintas delimitaciones).

6.1. *Conceptos básicos sobre extracción de aguas subterráneas y su influencia en el comportamiento del sistema y en los balances hídricos*

En este apartado se van a realizar algunas consideraciones conceptuales básicas sobre la extracción de aguas subterráneas de un acuífero, y su repercusión en los balances hídricos y en el funcionamiento del sistema hidrológico en su conjunto.

Se ha considerado oportuno realizar estos comentarios dada la especial trascendencia que tienen a la hora de cuantificar los recursos y analizar el comportamiento y evolución de los acuíferos, ríos y zonas húmedas de la cuenca alta del Guadiana, aspectos esenciales dentro de los objetivos del presente informe. Además, es relativamente frecuente ver trabajos y documentos que introducen errores importantes, principalmente en lo que respecta a las expectativas de evolución futura de los acuíferos y zonas húmedas de la cuenca alta del Guadiana, precisamente por no tener en cuenta estas premisas conceptuales básicas que se exponen a continuación.

En primer lugar, y por muy obvio que parezca, hay que señalar que toda extracción de agua de un acuífero, por pequeña que sea, tiene una incidencia en el balance hídrico del sistema. Consideraremos posteriormente como ejemplo el sistema hídrico de la cuenca alta del Guadiana, caracterizado además por una interrelación muy importante entre aguas superficiales, aguas subterráneas y zonas húmedas.

Partiendo de una hipotética situación histórica en la que no se extraía agua de los acuíferos, el sistema (considerada su divisoria hidrogeológica), puede considerarse en una situación “media” de equilibrio (prescindiendo de la variabilidad meteorológica), en la que desde el punto de vista del conjunto de los acuíferos podía hablarse de unas entradas procedentes de la recarga de la lluvia y de la infiltración de los ríos en zonas en que el nivel del río se encontraba por encima del nivel piezométrico en el acuífero; y unas salidas equivalentes de los acuíferos en forma de descargas a ríos y zonas húmedas en las zonas de drenaje del sistema, y las debidas a la evapotranspiración desde el propio acuífero, en zonas con el nivel freático cercano a la superficie. Las descargas contribuían a mantener unos determinados valores de la escurrentía subterránea en el caudal de los ríos y al mantenimiento de unas superficies de zonas húmedas.

En esta situación natural del acuífero, las secuencias húmedas o secas producen ligeros ascensos o descensos de los niveles piezométricos en torno a la posición que se ha calificado como de equilibrio. En las zonas de descarga natural del sistema, esto se traduce en incrementos o reducciones de la aportación subterránea de los acuíferos, y por tanto del caudal circulante por los ríos. El consiguiente aumento o disminución de las áreas inundadas y de descarga, incide a su vez, en sentido contrario, en la existencia de un mayor o menor volumen de evapotranspiración, que viene a compensar en cierta medida el balance del sistema, contribuyendo a mantener los niveles próximos a unos valores medios. Este comportamiento es representativo de la capacidad de autorregulación de los acuíferos de la cuenca alta del Guadiana.

Esta autorregulación se pone también de manifiesto cuando en dichos acuíferos comienza a realizarse una extracción de aguas subterráneas. Desde el punto de vista del funcionamiento hidrológico y del balance hídrico, esta extracción provoca inicialmente un descenso (en principio pequeño si las extracciones lo son), de los niveles piezométricos, y una disminución de las descargas a los ríos y zonas húmedas, lo que se

traduce en un menor caudal circulante por los ríos y una pequeña reducción de la superficie de las zonas húmedas. A su vez, esto conlleva una ligera disminución de la salida por evapotranspiración.

Mientras existe conexión entre los acuíferos y las corrientes superficiales y zonas húmedas, se mantiene este comportamiento autorregulador.

Desde un punto de vista conceptual es muy importante tener en cuenta (lo cual no siempre se hace), que la extracción mantenida en el tiempo de un determinado volumen de agua subterránea lo que produce es una situación de régimen transitorio que conduce a una nueva situación de equilibrio. Si este volumen mantenido no llega a producir la desconexión hidráulica entre el acuífero y las corrientes superficiales de forma que desaparezcan las aportaciones subterráneas del acuífero, el efecto observado es el anteriormente descrito, y la nueva situación de equilibrio se caracterizaría por unos menores caudales base circulantes aportados por el acuífero y una reducción de la superficie de los humedales, como se verá posteriormente en los balances hídricos, en tanto que el descenso de niveles piezométricos será moderado.

Si los niveles piezométricos continúan descendiendo, bien porque el volumen de extracciones continúa aumentando indefinidamente, o bien porque el volumen al que se llega de una forma más o menos mantenida conduce a una situación de equilibrio en la que ya no hay descargas desde el acuífero, llega un momento en el que se produce la desconexión hidráulica entre el acuífero y las corrientes superficiales, con lo que desaparece la aportación subterránea al caudal del río. Antes de que se llegara a esta situación el principal efecto observado era la disminución de los caudales base circulantes aportados por el acuífero. Una vez desconectado el acuífero, estas aportaciones desaparecen, y el balance hídrico negativo se traduce esencialmente en un descenso de los niveles piezométricos hasta el punto en que se alcance la nueva situación de equilibrio (en el caso de que lleguen a estabilizarse las extracciones).

6.2. Aplicación de los conceptos anteriores a la cuenca alta del Guadiana. Evolución del comportamiento hidrológico y balances hídricos en función de las extracciones

De una forma práctica y con algunos ejemplos numéricos se pueden ver estos grados de evolución del sistema en función de las extracciones, en la cuenca alta del Guadiana.

La definida como situación histórica natural “media” en la que no se extraía agua del acuífero (régimen estacionario) correspondería en realidad a una hipotética situación del sistema hace muchos siglos, cuando ni siquiera existían las norias. Es obviamente una situación “teórica” de la que no se tienen registros.

Posteriormente se puede definir una situación de equilibrio en la que se habría incorporado al balance hídrico una extracción más o menos constante y mantenida en el tiempo (la realizada con las norias). Se puede considerar que esta situación era la que representaba el estado del sistema hasta finales de los años 50 del pasado siglo. Un cálculo basado en referencias bibliográficas, a partir del número de norias existente y del volumen extraído por las mismas, permite estimar en unos 60 hm³/año esta extracción mantenida desde mucho tiempo antes (Martínez Cortina, 2001).

En los modelos numéricos realizados durante el proyecto europeo GRAPES (Martínez Cortina, 2001), se simuló esta situación de equilibrio, de la que ya se dispone de algunas referencias piezométricas y datos de caudales en las estaciones de aforos. A partir de aquí, y sin más que suprimir dicha extracción, resultó muy interesante analizar y comparar con la situación en el auténtico régimen estacionario teórico sin extracciones. En las tablas de balances hídricos del apartado 6.4 pueden verse las diferencias. Se aprecia como la incorporación al balance de los 60 hm³ de extracciones se traduce en un descenso de las descargas del acuífero a los ríos (de 98 a 79 hm³/año en el Záncara, o de 100 a 91 hm³/año a lo largo del Gigüela). Por ejemplo, la aportación subterránea a las Tablas de Daimiel por los Ojos del Guadiana se reduce de 95 a 82 hm³/año (habría que sumar a estas cifras la proveniente del río Azuer). En los niveles piezométricos medios se apreciaba un descenso de entre pocos centímetros y 1,75 metros a lo largo de los acuíferos centrales del sistema. Esto no cambia el comportamiento general del sistema, e incluso estas reducciones en las descargas a ríos y zonas húmedas son relativamente poco relevantes en comparación con el efecto que produce la propia variabilidad meteorológica, aunque evidentemente se superponen a la misma.

A partir de los años 60, la mejora y abaratamiento de las técnicas de perforación de pozos, y especialmente la invención de la bomba de turbina, ejercieron de motores del uso intensivo de las aguas subterráneas, a través de las que se obtenían altos beneficios en relación con unos costes de extracción bastante asequibles.

En 1974 se estimaba ya en más de 150 hm³/año el volumen de agua extraído de los acuíferos centrales de la cuenca alta del Guadiana. Este volumen siguió creciendo de forma imparable hasta finales de los años 80 (hasta casi 600 hm³/año), produciendo los drásticos cambios en el comportamiento descritos en apartados anteriores.

Merece la pena explicar lo que hubiera sucedido si el incremento de los volúmenes de extracción se hubiera detenido y mantenido en torno a esa cifra de 150 hm³/año. El nuevo estado de equilibrio que se hubiera alcanzado reflejaría ciertos cambios en el funcionamiento del sistema, ya no sólo cuantitativos. El comportamiento pasaría a depender en gran medida de las secuencias pluviométricas. En épocas lluviosas seguirían registrándose descargas de cierta importancia del acuífero, que mantendrían muchas zonas húmedas y caudal base en los ríos, pero en épocas de escasas precipitaciones el acuífero dejaría de aportar agua, produciéndose el secado estacional

de zonas húmedas y de descarga, como los Ojos del Guadiana. Desde el punto de vista del balance hídrico medio, el incremento de las salidas por bombeos pasaría a equilibrarse con un descenso muy notable de las descargas de acuíferos a ríos y también con una significativa reducción de la evapotranspiración. Este comportamiento ha de ser tenido en cuenta, pues representaría la situación de equilibrio esperable que llegaría a alcanzar el sistema si en el futuro se reducen las extracciones hasta el entorno de la cifra indicada.

6.3. *Antecedentes de cuantificación de recursos en la cuenca alta del Guadiana*

La elaboración de un balance hídrico, basado en el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de un acuífero, es una de las tareas más complejas y necesarias para los estudios de planificación. Esto es debido a la diversidad y al desconocimiento de las características geológicas e hidrogeológicas en unos casos, a la falta de datos y dificultad de obtenerlos de diferentes términos del balance hídrico (recarga, explotación, restricciones medioambientales, etc.) en otros, y al cambiante ámbito territorial en el que éstos se han realizado (sistemas acuíferos, unidades hidrogeológicas y masas de agua subterránea).

Este apartado recoge una recopilación bibliográfica de los principales balances hídricos realizados en la CAG, desde 1979 hasta la actualidad. La comparación entre ellos resulta en ocasiones difícil, además de por las incertidumbres propias de cada estimación, porque los cálculos se realizan sobre superficies diferentes.

En el Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PNIAS) (ITGE, 1979), en lo referente a la CAG, los recursos subterráneos de los sistemas acuíferos con entidad regional, números 19, 20, 22, 23 y 24, se resumían en:

Sistema acuífero	Sup. (km²)	Recursos (hm³/año)
Nº 19. Sierra de Altomira	4200	126
Nº 20. Mancha de Toledo	3400	54
Nº 22. Cuenca del Río Bullaque	2000	17
Nº 23. Llanura Manchega	5000	320
Nº 24. Campo de Montiel	2700	175

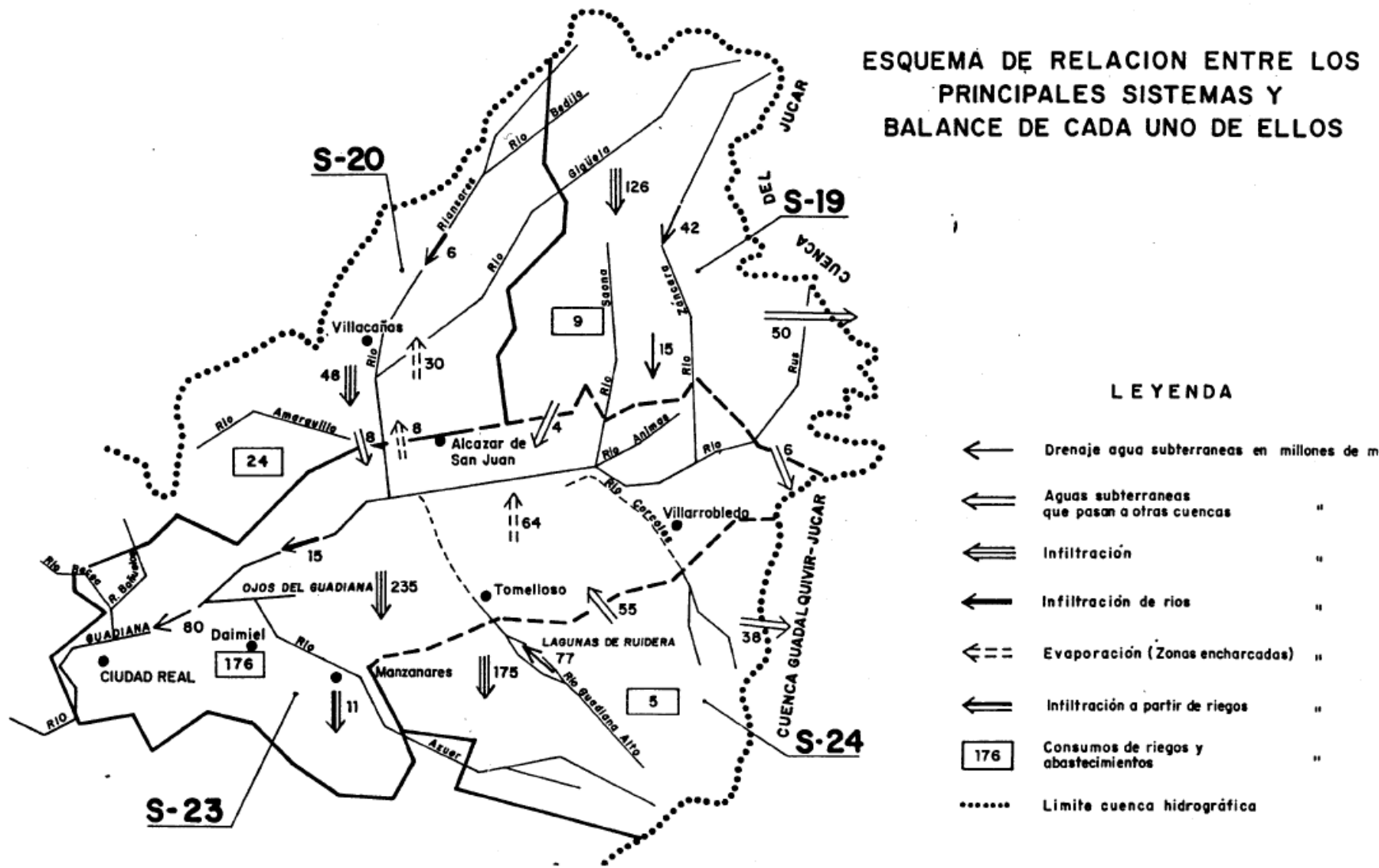
En este estudio de 1979, se resalta que el sistema acuífero de la Llanura Manchega (nº 23) era no solamente el acuífero más importante de la CAG, sino también uno de los más interesantes de los definidos en el territorio nacional, por su extensión y capacidad de reservas, y por su relación con las actividades económicas y posible desarrollo futuro. Se apuntaba que el sistema acuífero tenía una reserva de agua del orden de 12.500 hm³.

La evaluación de sus recursos se realizó por medio del estudio de su funcionamiento hidráulico. La herramienta que se utilizó para la cuantificación de los mismos fue un modelo matemático de simulación, cuyos resultados se resumen en:

Balance del sistema acuífero n° 23 de la Llanura Manchega. (Datos de 1974). (PNIAS) ITGE, 1979.	
Alimentación o recarga del acuífero	hm³/año
Infiltración del agua de lluvia	235 ^(**)
Aportaciones laterales del S.A. n° 24	55 ^(**)
Aportaciones laterales del S.A. n° 19	4 ^(**)
Infiltración a partir de ríos	15 ^(*)
Retorno de riegos a partir de aguas superficiales	11 ^(*)
Total	320
Salida o descarga del acuífero	hm³/año
Bombeo neto para regadío	170 ^(*)
Bombeo neto para abastecimiento	6 ^(*)
Drenaje del Guadiana	80 ^(*)
Pérdidas por evaporación	64 ^(**)
Total	320

(*) Datos. (**) Datos calculados

Un esquema de las relaciones hídricas con el resto de sistemas acuíferos de la Cuenca Alta del Guadiana puede encontrarse en el informe: “Estudio de los recursos subterráneos de la cuenca alta del Guadiana. Sistemas acuíferos n° 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25. Avance 1981” (ITGE, 1981).



Los balances tentativos del resto de sistemas se resumen en los siguientes cuadros.

Balance del sistema acuífero nº 19 “Unidad caliza de Altomira” (ITGE, 1981)	
Alimentación o recarga del acuífero	hm³/año
Infiltración del agua de lluvia	126
Total	126
Salida o descarga del acuífero	hm³/año
Ríos y manantiales	57
Otras cuencas y sistemas	60
Abastecimientos y regadíos	9
Total	126

Balance del sistema acuífero nº 20 “Mancha de Toledo” (ITGE, 1981)	
Alimentación o recarga del acuífero	hm³/año
Infiltración del agua de lluvia	48
Infiltración a partir de ríos	6
Total	54
Salida o descarga del acuífero	hm³/año
Evaporación zonas encharcadas	30
Abastecimiento y regadío	24
Total	54

Balance del sistema acuífero nº 22 “Aluvial del río Bullaque” (ITGE, 1981)	
Alimentación o recarga del acuífero	hm³/año
Infiltración del agua de lluvia	12
Infiltración a partir de ríos	5
Total	17
Salida o descarga del acuífero	hm³/año
Ríos y manantiales	8
Abastecimiento y regadío	9
Total	17

Balance del sistema acuífero nº 24 “Campo de Montiel” (ITGE, 1981)	
Alimentación o recarga del acuífero	hm³/año
Infiltración del agua de lluvia	135
Infiltración a partir de ríos	40
Total	175
Salida o descarga del acuífero	hm³/año
Al sistema nº 23	55
Al Guadalquivir-Jucar	38
Ríos y manantiales	77
Abastecimiento	1
Regadíos	4
Total	175

En el caso del sistema acuífero nº 24, Campo de Montiel, informes posteriores actualizan el balance hídrico poniendo de manifiesto el aumento de la explotación, que se incrementó de unos 5 hm³/año en 1979, 10 hm³/año en 1985 a 36 hm³/año en 1987 (ITGE, 1991).

S.A. nº 24 Campo de Montiel (ITGE, 1991)	1985	1987
ENTRADAS (hm³/año)		
Infiltración lluvia	135	135
SALIDAS (hm³/año)		
Drenajes a ríos y lagunas	75	
Drenaje subt. al nº 23	50	
Bombeos	10	36

En MOPU-IGME (1988) se llevó a cabo la delimitación de las Unidades Hidrogeológicas y sus características, una vez que el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RD 927/1998) definió Unidad Hidrogeológica como “uno o varios acuíferos agrupados a efectos de conseguir una racional y eficaz administración del agua”. Los datos correspondientes a las unidades ubicadas en la CAG, se resumen en el siguiente cuadro.

UH	Superficie afluente alta permeab. (km ²)	Edad de las formaciones acuíferas	Infiltración lluvia y cauces (hm ³ /año)	Infiltración excedentes de riego (hm ³ /año)	Transf. subterránea de otras unidades (régimen natural) (hm ³ /año)	Transf. subterránea a otras unidades (régimen natural) (hm ³ /año)	Bombeo agua subterránea (hm ³ /año)
01. Sierra de Altomira	2.500	Jurásico-Cretácico-Terciario	125	0	-	10	20
02. Lillo-Quintanar	-	Terciario	54	-	-	-	24
03. Consuegra-Villacañas	-	Cámbrico-Terciario-Pliocuat.	54	-	-	-	24
04. Mancha Occidental	5.000	Mesozoico-Terciario-Pliocuat.	260	20	60	-	580
06. Campo de Montiel	2.700	Jurásico-Cretácico-Pliocuat.	126	-	-	40	35

Fuente: MOPU-IGME (1988)

El Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPTMA-MINER, 1994) pretendió ser el marco en donde se concretaran los programas y líneas de actuación del sector público en materia de aguas subterráneas. En un apéndice del mismo se relacionan las Unidades Hidrogeológicas según los ámbitos de Planificación. Los datos y características de las Unidades Hidrogeológicas son los mismos del estudio de delimitación anteriormente citado.

En el **Plan Hidrológico** del Guadiana vigente (Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio), los datos de balance de las Unidades Hidrogeológicas son los extraídos del estudio de 1988, publicados igualmente en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas de 1994.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA INCLUIDAS EN EL PLAN HIDROLÓGICO I (BOE, 1998).

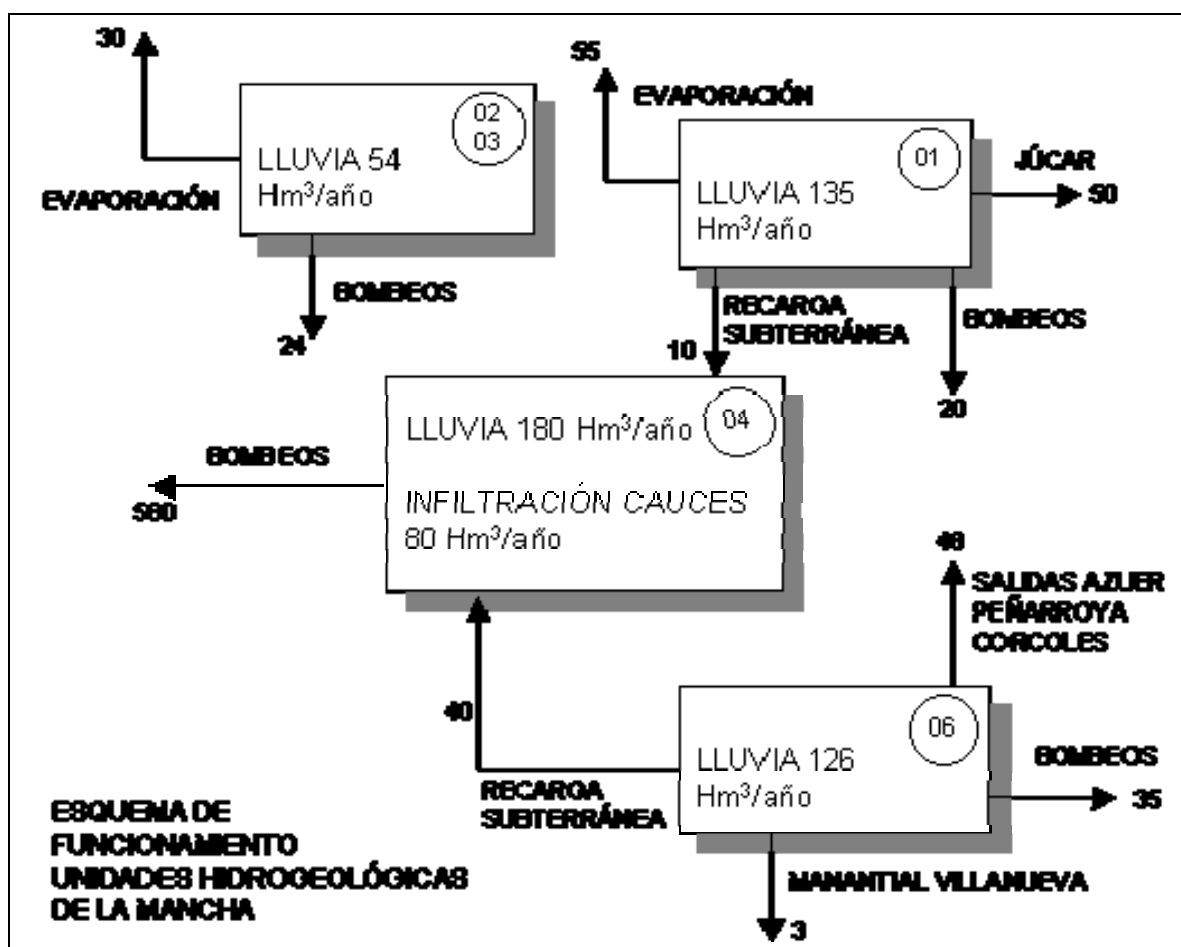
UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	SUP. AFLORANTE DE ALTA PERMEABILIDAD	INFILTRACIÓN LLUVIA Y CAUCES	INFILTRACIÓN EXCEDENTES DE RIEGO
(nº y denominación)	(Km²)	(hm³/año)	(hm³/año)
01. SIERRA DE ALTOMIRA	2.500	135	0
02. LILLO-QUINTANAR	-	54	-
03. CONSUEGRA- VILLACAÑAS	-	54	-
04. MANCHA OCCIDENTAL	5.000	260	20 ^(**)
06. CAMPO DE MONTIEL	2.700	126	-

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	TRANSF. SUBTERRÁNEA DE OTRAS UNIDADES (Rég. natural)	TRANSF. SUBTERRÁNEA A OTRAS UNIDADES (Rég. natural)	BOMBEO AGUA SUBTERRÁNEA
(nº y denominación)	(hm³/año)	(hm³/año)	(hm³/año)^(*)
01. SIERRA DE ALTOMIRA	-	10	20
02. LILLO-QUINTANAR	-	-	24
03. CONSUEGRA- VILLACAÑAS	-	-	24
04. MANCHA OCCIDENTAL	60	-	580
06. CAMPO DE MONTIEL	-	40	35

(*) Datos correspondientes a años distintos en función de la información disponible.

(**) En la actualidad no se pueden contabilizar como recursos.

Igualmente se incluye un esquema de funcionamiento de las Unidades Hidrogeológicas.



Fuente: Plan Hidrológico de cuenca (BOE, 1998)

Con la entrada en vigor de la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, y su transposición al Derecho español a través de la modificación del TRLA realizada por el artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre), se procede a la creación y división en masas de agua subterránea (“un volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos”), partiendo de la clasificación previa de las unidades hidrogeológicas. Para evitar las líneas rectas características de las poligonales de las unidades, se estimó necesario que la delimitación de las MASb se ajustara a la traza del criterio empleado para su delimitación. Igualmente, en la nueva diferenciación o redefinición de las MASb prevalecen también aspectos como la asignación de recursos subterráneos y la ordenación del régimen de concesiones. En el primer intento de delimitación de MASb (MMA-DGA, 2005) no se presenta ningún dato de balances que pueda tenerse en cuenta.

En el Estudio general de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Parte I (CHG, 2007a), realizado dentro del proceso de elaboración del nuevo Plan Hidrológico de cuenca de 2009, en el apartado de recursos subterráneos, se recoge un cuadro resumen por Unidades Hidrogeológicas, que presenta alguna actualización con las existentes en el Plan Hidrológico de 1998.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS (Cuenca alta del Guadiana). Estudio general de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Parte I (CHG, 2007a)

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	SUPERFICIE	INFILTRACIÓN LLUVIA Y CAUCES	INFILTRACIÓN EXCEDENTES DE RIEGO
(nº y denominación)	(Km²)	(hm³/año)	(hm³/año)
01. SIERRA DE ALTOMIRA	2951	135	0
02. LILLO-QUINTANAR	1072	26,6	-
03. CONSUEGRA- VILLACAÑAS	1409	15	2,1
04. MANCHA OCCIDENTAL	5.261	260	20 (**)
06. CAMPO DE MONTIEL	2.791	126	-

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	TRANSF. SUBTERRÁNEA DE OTRAS UNIDADES (Rég. natural)	TRANSF. SUBTERRÁNEA A OTRAS UNIDADES (Rég. natural)	BOMBEO AGUA SUBTERRÁNEA
(nº y denominación)	(hm³/año)	(hm³/año)	(hm³/año) (*)
01. SIERRA DE ALTOMIRA	-	10	20
02. LILLO-QUINTANAR	-	-	12
03. CONSUEGRA- VILLACAÑAS	-	-	20,3
04. MANCHA OCCIDENTAL	60	-	200
06. CAMPO DE MONTIEL	-	40	35

(*) Datos correspondientes a años distintos en función de la información disponible.

(**) En la actualidad no se pueden contabilizar como recursos.

En este documento es donde por primera vez se trata oficialmente la información por masas de agua subterránea en lugar de unidades hidrogeológicas. La correlación entre las masas de agua subterráneas (MASb) y las unidades hidrogeológicas (U.H) que se proponen en la Dem

Código MASb	Nombre MASb	Área MASb (ha)	Nombre U.H.	Área (ha) total U.H	Área (ha) MASb en U.H	% respecto a total área U.H
040.001	Sierra de Altomira	257.520,70	Sierra de Altomira	272.568,54	184.184,30	67,57
040.002	La Obispalía	48.972,95				
040.003	Lillo-Quintanar	110.168,7	Lillo-Quintanar	106.979,29	89.750,26	83,89
040.004	Consuegra-Villacañas	160.568,46	Consuegra-Villacañas	142.227,19	127.285,41	89,49
040.005	Rus-Valdelobos	145.863,13	Campo de Montiel	258.880,17	17.982,43	6,95
			Sierra de Altomira	272.568,54	41.520,17	15,23
			Mancha Occidental	520.999,03	53.146,12	10,20
040.006	Mancha Occidental II	253.568,38	Mancha Occidental	520.999,03	233.571,95	44,83
040.007	Mancha Occidental I	200.280,02	Mancha Occidental	520.999,03	189.968,11	36,46
040.010	Campo de Montiel	219.896,94	Campos de Montiel	258.880,17	198.781,55	76,79

Fuente: CHG (2007a)

En el apartado VI.3 de este documento, se expone que ante la imposibilidad de conocer los valores interanuales requeridos en relación con la calidad ecológica de los ecosistemas asociados, se optó por seguir la metodología utilizada en la cuenca piloto (Demarcación del Júcar), aplicando un **índice de extracción** que valora el grado de detracción de recurso respecto del disponible. Siendo el recurso disponible de una MASb, según la DMA, “el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados”. Este índice de extracción es igual al índice de explotación de la Instrucción de Planificación Hidrológica de septiembre de 2008.

Como los datos de extracciones y de recursos disponibles existentes en la revisión del Plan Hidrológico de la cuenca se estructuraban por unidades hidrogeológicas, se realizó una aproximación a las MASb, de forma proporcional a la superficie coincidente con la Unidad. Además, los valores de los volúmenes de explotación corresponden a los derechos concedidos que ciertamente difieren de la realidad. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Masb	Infiltración lluvias y cauces UH	Infiltración retornos riego UH	Restricción ambiental UH	Recurso disponible Masb	Transf. Subt. a otras UH	Abastec. UH	Riego UH	Demanda total Masb	Índice extracc.
Sierra de Altomira	135			91,22	82,20	2,14	16,35	68,04	0,75
Lillo-Quintanar	26,60			22,32		0,43	8,37	7,39	0,33
Consuegra-Villacañas	15	2,10		15,30		3,82	18,88	20,31	1,33
Mancha Occidental I	328,70		60	97,97		11,35	686,93	254,61	2,60
Mancha Occidental II	328,70		60	120,46		11,35	686,93	313,05	2,60
Rus-Valdelobos	126		30	6,67	50,40	1,09	35	6,01	1,69
	135			20,56	82,20	2,14	16,35	15,34	
	328,7		60	27,41		11,35	686,93	71,23	

Fuente: CHG (2007a)

Siendo:

$$\text{Índice de Extracción} = \frac{\sum d}{R} \cdot 100$$

$\sum d$ ($\text{hm}^3/\text{año}$) = Suma, proporcional a la superficie de la MASb considerada, de las demandas de las UH a que corresponde la MASb (abastecimiento + riego).

R ($\text{hm}^3/\text{año}$): Recurso, proporcional a la superficie de la MASb considerada, disponible respecto de las UH a que corresponde la MASb (infiltración + retornos de riego – restricción medioambiental – transferencia a otras UH).

En el Plan Especial de Sequías de la Cuenca del Guadiana (PES) (CHG, 2007b), en su capítulo 4.4 sobre efectos de las sequías sobre las aguas subterráneas, se siguen ofreciendo los datos por unidades hidrogeológicas. Las unidades hidrogeológicas que fueron objeto de un seguimiento, debido a su importancia, fueron la 04.04 Mancha Occidental y la 04.06 Campo de Montiel, ambas con declaración de sobreexplotación. En el caso de la U.H. 04.04, las extracciones han evolucionado en el tiempo desde un máximo de unos 550-600 hm³/año en el 1982 hasta los teóricos 260 hm³ que fijaba el Plan de Ordenación de Extracciones en la fecha de realización del PES.

Los datos que se reflejan en este documento sobre los recursos de las unidades hidrogeológicas son los siguientes:

UH	Superficie (km ²)	Infiltración lluvia y cauces (hm ³ /año)	Infiltración excedentes de riego (hm ³ /año)	Transf. subterránea de otras unidades (régimen natural) (hm ³ /año)	TOTAL (hm ³ /año)
01. Sierra de Altomira	2.951	135	0	0	135
02. Lillo-Quintanar	1.072	26,6	0	2,2	28,8
03. Consuegra-Villacañas	1.409	15	2,1	0,7	17,8
04. Mancha Occidental	5.261	260	20 ^(**)	68,7	328,7
06. Campo de Montiel	2.552	135	0	0	135
TOTAL	13.245	571,6	2,1	71,6	645,3

Fuente: Plan Especial de Sequías (CHG, 2007b).

El RD 13/2008 de 11 de enero (BOE 24 de enero de 2008) recoge el Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG) (CHG, 2008a). En su capítulo IV, Anexo II.2 y Anexo I del Informe de sostenibilidad ambiental del PEAG, se hace un análisis de la situación hidrogeológica actual a partir de los seguimientos de la evolución piezométrica de la Mancha Occidental y del Campo de Montiel (UU.HH. 04.04 y 04.06).

Los valores del balance hídrico de la Unidad Hidrogeológica Mancha Occidental, realizado para las distintas condiciones a las que se ha visto sometida (para un estado prístino, sin alteraciones en el sistema; y para la situación actual) se recogen en el siguiente cuadro.

ENTRADAS	Estado pristino	Actual 2006 con precipitaciones medias
	1 INFILTRACIÓN POR LLUVIAS	235,00
2 APORTACIÓN DE CAUCES AL ACUÍFERO	240,00	73,00
3 INFILTRACIÓN RESIDUALES (80%) ABASTECIMIENTO		24,0
4 INFILTRACIÓN RETORNO DE RIEGO SUP+SUB		13,84
5 APORTES ACUÍFEROS LATERALES		45,00
TOTAL ENTRADAS	475,00	390,83
SALIDAS		
	6 RIEGO SUBTERRÁNEAS	354,74
7 INDUSTRIAL SUBTERRÁNEAS		3,00
8 GANADERO SUBTERRÁNEAS		2,00
9 DOMÉSTICO SUBTERRÁNEAS		2,00
10 ABASTECIMIENTO SUBTERRANEAS		24,0
11 RIEGO SUPERFICIALES		52,40
12 EVAPOTRANSPIRACIÓN ENCHARCAMIENTOS	125,00	
13 SALIDAS SUBTERRÁNEAS HACIA UH 8:29 (APORTACIÓN SUBTERRÁNEA) SALIDAS SUPERFICIALES		10,00
14 (APORTACIÓN SUPERFICIAL) SALIDAS SUPERFICIALES	280,00	
15 (APORTACIÓN SUPERFICIAL) SALIDAS SUPERFICIALES	70,00	
TOTAL SALIDAS	475,00	448,13
BALANCE	0,00	-57,30

Balances hídricos para la U.H. 04.04 en estado pristino y en la situación actual con precipitaciones medias. Plan Especial del Alto Gadiana (CHG, 2008a).

Para la Unidad Hidrogeológica del Campo de Montiel, los resultados del balance hídrico para 7 años hidrológicos son los siguientes:

ENTRADAS	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005
1 INFILTRACIÓN POR LLUVIAS	14,35	65,88	305,69	233,34	336,04	582,28	18,6
2 INFILTRACIÓN RESIDUALES (80%) ABASTECIMIENTO	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52	3,52
TOTAL ENTRADAS	17,87	69,4	309,21	236,86	339,56	585,8	22,12
SALIDAS							
3 RIEGO SUBTERRÁNEAS	10	5	5	7,5	13	13	10
4 INDUSTRIAL SUBTERRÁNEAS	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
5 GANADERO SUBTERRÁNEAS	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
6 DOMÉSTICO SUBTERRÁNEAS	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
7 ABASTECIMIENTO SUBTERRANEAS	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
8 SALIDAS SUBTERRÁNEAS HACIA UH 04.04	40	40	40	40	40	55	40
9 SALIDAS SUPERFICIALES HACIA LA U.H. 04.04 (PEÑARROYA)	58,205	27,617	26,378	38,716	46,996	91,057	99,956
10 SALIDAS SUPERFICIALES (PUERTO VALLEHERMOSO)	2,307	1,224	3,031	3,623	6,69	10,883	2,065
11 SALIDAS HACIA LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR	5	5	5	5	5	5	5
TOTAL SALIDAS	121,412	84,741	85,309	97,116	110,896	180,84	162,921

Balances hídricos para la U.H. 04.06 para 7 años. Plan Especial del Alto Gadiana (CHG, 2008a).

La experiencia piloto de caracterización adicional de la Mancha Occidental I y II (DGA-IGME, 2005) es el primer estudio en el que la unidad de trabajo considerada es la masa de agua subterránea en vez de la unidad hidrogeológica, aunque los datos de balances siguen dándose en conjunto para la U.H. 04.04, que corresponde a las masas Mancha Occidental I y Mancha Occidental II. La masa Rus-Córcoles no se considera en este estudio ya que una parte importante de su extensión no está incluida en la antigua U.H. 04.04.

Las cifras de recarga que se presentan correspondían a la síntesis de los trabajos existentes hasta esa fecha.

Recarga natural en la unidad hidrogeológica de la Mancha Occidental	
Fuente de recarga	hm³/año
Lluvia útil (80% de los recursos hídricos)	180,00
Aportaciones superficiales procedentes de otras masas	353,40
Aportaciones subterráneas de masas limítrofes	58,70
Infiltración agua de riego	60,00
TOTAL	652,10

En este estudio se aplicó el método APLIS ya que podría aportar soluciones a la elaboración de mapas de recarga en la zona de estudio, considerando que los dos acuíferos principales en la Mancha Occidental son carbonatados.

La tasa de recarga resultante de aplicar este método APLIS en las MASb de la Mancha Occidental es moderada o baja, según las zonas. La recarga moderada, es decir, entre un 40–60% de la precipitación media anual, se distribuye principalmente a lo largo de las llanuras aluviales de los ríos Záncara y Gigüela que, con dirección E-O, se sitúan al norte de la zona estudiada. La zona continúa a través del amplio valle del Guadiana y se extiende hacia el SO, favorecido por la presencia de formaciones carbonatadas de las calizas pliocenas de Daimiel. Aparecen otras zonas de recarga moderada localizadas a lo largo de los valles de los ríos Azuer, Guadiana Alto y Córcoles. Las áreas de recarga más baja (20–40%), son coincidentes, por lo general, con la presencia de materiales asociados a las superficies de erosión S1 y S2 manchegas, y a las zonas ocupadas por los materiales neógenos con predominio de terrígenos.

También se calculó el porcentaje de recarga media para toda la zona de estudio, que resultó ser del 39%.

En el apartado correspondiente de las fichas de caracterización adicional se presenta, para las dos masas, la siguiente información:

- Recarga natural:

Periodo considerado	Precipitación anual (mm)	Lluvia útil		Valor de recarga anual, en hm ³ y % respecto a la precipitación					Método Empleado
		Valor (hm ³ /año)	Método empleado	<20 hm ³	20-40 hm ³	40-60 hm ³	60-80 hm ³	>80 hm ³	
1979-2000	450	40,5	Thornth.	39% (175,5 hm ³)					APLIS

Observaciones: Cifras para la Mancha Occidental en conjunto (UH 04.04)

- Evaluación conjunta de la recarga natural y otras recargas:

Procedencia de la recarga	Valor (hm ³ /año)	Método empleado (*)
Infiltración de precipitación	40,5	
Retorno de riego	60,0	
Recarga desde cursos fluviales	353,4	
Aportación lateral de otras masas de agua subterránea	58,7	
Otros		

Observaciones: Cifras para la Mancha Occidental en conjunto (UH 04.04). (*) Datos procedentes del estudio Protección y mejora de la calidad de las aguas subterráneas en las UU.HH de la cuenca alta del Guadiana CHG (2004).

Para los trabajos de la actividad 2 de Caracterización adicional de la Encomienda (DGA-IGME, 2009) la Oficina de Planificación Hidrológica facilitó diferentes datos de recarga y explotación que son los que figuran en las fichas de dicho trabajo. Esta misma tabla es la que figura en el Esquema de Temas Importantes de la Demarcación (CHG, 2008b).

Comparativas UNIDADES HIDROGEOLOGICAS definidas en el PLAN HIDROLOGICO I Y MASAS DE AGUA ⁽¹⁾ OPH-GUADIANA Junio 2008											
RECARGAS DIRECTAS LLUVÍA Y RÍOS ESTIMADAS											
UNIDAD HIDROGEOLOGICA Nº y denominación	SUPERFICIE (km ²)	PH I 1995		GRAPES MODFLOW		SIMPA 2006		Estudios CHG 2004 Y OTROS*		MODFLOW OPH 2007/08	
		INFILTRACION LLUVIA (hm ³ /año)	INFILTRACION CAUCES (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUVIA (hm ³ /año)	INFILTRACION CAUCES (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUVIA (hm ³ /año)	INFILTRACION CAUCES (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUVIA (hm ³ /año)	INFILTRACION CAUCES (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUVIA ⁽¹⁾ (hm ³ /año)	INFILTRACION CAUCES ⁽¹⁾ (hm ³ /año)
01. SIERRA DE ALTOMIRA	2951	135		sd	sd	80	sd	151		107	25
02. LILLO-QUINTANAR	1072	26.6		sd	sd	11	sd	47		45	2
03. CONSUEGRA-VILLACAÑAS	1409	15		sd	sd	8	sd	26	40	66	14
04. MANCHA OCCIDENTAL	5261	180	80	sd	sd	55	sd	225		155	9
06. CAMPO DE MONTIEL	2791	126		sd	sd	128	sd	170		139	7
ALTO GUADIANA	13484	483	80	454	138	282	sd	618		512	57
040.002 La Obispaia ⁽¹⁾	490	sd	Sd	sd	sd	sd	sd	Sd	sd	5.1	0.1
040.005 Rus-Valdelobos ⁽¹⁾	1459	sd	Sd	sd	sd	sd	sd	Sd	sd	34	1
040.006 Mancha Occidental II ⁽¹⁾	2536	sd	Sd	sd	sd	sd	sd	Sd	sd	72	4
040.007 Mancha Occidental I ⁽¹⁾	2003	sd	Sd	sd	sd	sd	sd	Sd	sd	49	5
RESUMEN DE RECARGAS ESTIMADAS											
UNIDAD HIDROGEOLOGICA Nº y denominación	SUPERFICIE (km ²)	INFILTRACION LLUV. Y CAUCES (hm ³ /año)	TRANSFER. DE UHs (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUV. Y CAUCES (hm ³ /año)	TRANSFER. DE UHs (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUV. Y CAUCES (hm ³ /año)	TRANSFER. DE UHs (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUV. Y CAUCES (hm ³ /año)	TRANSFER. DE UHs (hm ³ /año)	INFILTRACION LLUV. Y CAUCES (hm ³ /año)	TRANSFER. DE UHs (hm ³ /año)
ALTO GUADIANA	13484	563		592		282	sd	618		512	

Fuente: Esquema de Temas Importantes de la Demarcación (CHG, 2008b)

(1) Datos disponibles para MASb a partir de estudios de la CHG en 2007/08

sd = sin datos

(*) Estudios internos OPH

(**) Se indican datos para el total de la UH y para la MASb correspondiente

(***) Considerando infiltración en materiales de baja permeabilidad

Con respecto a la explotación de aguas subterráneas, la información con la que se contó fue la facilitada por la OPH a través de la Comisaría de Aguas. La última disponible es la de Derechos de Aguas Subterráneas contabilizados por Comisaría de Aguas en 2009 (Mayo-Junio 2009).

Derechos de agua (CHG-ALBERCA, 2009)	Derechos consolidados (hm ³)	Derechos comprometidos (hm ³)	Derechos posibles (hm ³)	TOTAL (hm ³)
Sierra de Altomira	14.43	10.55	0.32	25.30
La Obispalía	0.56	0.71	0.01	1.27
Lillo-Quintanar	9.50	3.95	2.82	16.27
Consuegra-Villacañas	21.93	7.22	4.13	33.28
Rus-Valdelobos	33.90	26.34	0.26	60.50
Mancha Occidental II	278.94	21.37	0.13	300.44
Mancha occidental I	253.45	14.88	0.67	269

Fuente: CHG (2009a, 2009b)

En los recientes documentos internos provisionales de “Determinación de los recursos disponibles en las MASb del Alto Guadiana” y “Objetivos de recuperación del buen estado cuantitativo en las MASb del Alto Guadiana: medidas de gestión de la demanda en el horizonte 2009-2027” realizados por la propia Confederación para el Plan Hidrológico del Guadiana 2009 (CHG, 2009a, 2009b), se presentan distintos datos de recursos subterráneos según los criterios de la Instrucción Técnica de Planificación Hidrológica, a partir fundamentalmente del modelo de flujo subterráneo del Alto Guadiana FLUSAG de la propia Oficina de Planificación del Guadiana.

Recursos naturales disponibles en régimen natural en el Alto Guadiana					
MASb	Sup. (km ²)	Recarga por lluvia: FLUSAG (hm ³ /año)	Transf. régimen natural	Recurso natural total (hm ³ /año)	Recurso natural disponible (hm ³ /año)
040.001 Sierra de Altomira	2.575	107	-82	25	20
040.002 La Obispalía	490	20	-18	3	2
040.003 Lillo-Quintanar	1.102	45	-35	10	8
040.004 Consuegra-Villacañas	1.606	66	-50	16	13
040.005 Rus-Valdelobos	1.716	34	-24	10	8
040.006 Mancha Occidental II	2.396	72	35	107	86
040.007 Mancha Occidental I	2.003	49	86	135	108
040.010 Campo de Montiel	2.200	139	-129	10	8
TOTALES	14.088	532	-217	316	253

Fuente: CHG (2009a, 2009b)

6.4. Balances hídricos por masas de agua subterránea

Desde el punto de vista del conocimiento hidrogeológico, y más allá de los términos, definiciones y requerimientos establecidos de forma oficial en los instrumentos de Planificación Hidrológica, la forma más adecuada de presentar los balances hídricos de las masas de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana consistiría en estimar y desglosar de forma detallada cada una de las entradas y salidas de agua de las mismas.

Esta estimación de los balances por masa se ha intentado realizar en tres situaciones distintas, en la línea de lo analizado en el apartado 6.2. Los dos primeros balances están referidos a situaciones históricas del sistema. La primera correspondería al funcionamiento del sistema en régimen natural, sin extracciones ni ningún otro efecto antrópico ejercido sobre el mismo. La segunda correspondería a la situación de equilibrio alcanzada por el sistema después de una extracción mantenida en el tiempo de unos 60 hm³/año, y puede considerarse representativa de la situación del sistema hasta finales de los años 50 del pasado siglo, anterior al gran desarrollo de la explotación de las aguas subterráneas y, por ejemplo, a la puesta en funcionamiento del embalse de Peñarroya en 1959. Por último, la tercera situación estimada sería la actual, con los matices que posteriormente se indicarán.

Como se comentó anteriormente (apartado 6.2) resulta muy interesante comparar los balances hídricos en las dos primeras situaciones. Esa comparación nos permite estimar la repercusión de ese primer escalón de extracciones en la disminución de las descargas a los ríos y en el descenso de la evapotranspiración, relacionado a su vez de forma bastante directa con una ligera disminución de la superficie de las zonas húmedas.

Estos cambios se producen de forma apreciable únicamente en las masas centrales de la cuenca, en las que se concentraban prácticamente todas las extracciones. Por eso, las situaciones en régimen natural y en los años 1950s se desglosan solamente en esas masas.

La Obispalía

	Régimen natural (y situación 1950s)		Situación actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	15	–	15	–
Evapotranspiración	–	–	–	–
Acuífero → Río (Záncara)	–	6	–	6
Acuífero → Río (Gigüela)	–	7	–	7
Transferencia lateral (Altomira)	–	2	–	2
Extracciones	–	–	–	–
TOTAL	15	15	15	15

Sierra de Altomira

	Régimen natural (y situación 1950s)		Situación actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	80	–	80	–
Evapotranspiración	–	10	–	7
Acuífero → Río (Riansares)	–	8	–	5
Acuífero → Río (Gigüela)	–	15	–	9
Acuífero → Río (Saona)	–	3	–	–
Acuífero → Río (Záncara)	–	24	–	17
Transfer. lateral (La Obispalía)	2	–	2	–
Transfer. lateral (Lillo-Quintanar)	–	3	–	3
Tr. lateral (Consuegra-Villacañas)	–	1	–	1
Transfer. (Mancha Occ. II)	–	15	–	17
Transfer. (Rus-Valdelobos)	–	3	–	3
Extracciones (descontados retornos)	–	–	–	20
TOTAL	82	82	82	82

Lillo-Quintanar

	Régimen natural (y situación 1950s)		Situación actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	28	–	28	–
Evapotranspiración	–	2	–	2
Acuífero → Río (Riansares)	2	20	–	16
Acuífero → Río (Gigüela)	2	11	–	8
Transferencia lateral (Altomira)	3	–	3	–
Tr. lateral (Consuegra-Villacañas)	–	2	–	3
Extracciones (descontados retornos)	–	–	–	2
TOTAL	35	35	31	31

Consuegra-Villacañas

	Régimen natural (y situación 1950s)		Situación actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	35	–	35	–
Evapotranspiración	–	34	–	23
Acuífero → Río (Gigüela)	5	3	7	–
Acuífero → Río (Amarguillo)	1	5	2	1
Transferencia lateral (Altomira)	1	–	1	–
Transfer. lateral (Lillo-Quintanar)	2	–	3	–
Transfer. lateral (Mancha Occid. I)	–	2	–	2
Extracciones (descontados retornos)	–	–	–	22
TOTAL	44	44	48	48

Mancha Occidental I

	Régimen natural		Situación 1950s		Situac. actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	70	–	70	–	70	–
Evapotranspiración	–	57	–	54	–	–
Acuífero → Río (Záncara)	–	10	–	7	–	–
Acuífero → Río (Gigüela)	9	64	7	55	–	–
Acuífero → Río (Ojos-Tablas)	–	94	–	81	–	–
Ac. → Río (Guadiana, tras Tablas)	–	5	–	4	–	–
Acuífero → Río (Azuer)	16	1	19	1	9	–
Tr. lateral (Consuegra-Villacañas)	2	–	2	–	2	–
Transfer. lateral (Mancha Occ. II)	134	–	130	–	66	–
Extracc. (descontados retornos)	–	–	–	26	–	147
TOTAL	231	231	228	228	147	147

Mancha Occidental II

	Régimen natural		Situación 1950s		Situac. actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	108	–	108	–	108	–
Evapotranspiración	–	53	–	46	–	–
Acuífero → Río (Córcoles)	2	13	2	7	–	–
Ac. → Río (Guadiana tras Montiel)	72	2	70	2	56	–
Acuífero → Río (Záncara)	5	57	5	41	–	–
Transferencia lateral (Altomira)	15	–	15	–	17	–
Transfer. lateral (Rus-Valdelobos)	20	–	19	–	12	–
Transfer. lateral (Mancha Occ. I)	–	134	–	130	–	66
Transferencia lateral (Montiel)	37	–	37	–	43	–
Extracc. (descontados retornos)	–	–	–	30	–	170
TOTAL	259	259	256	256	236	236

Rus-Valdelobos

	Régimen natural		Situación 1950s		Situac. actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	32	–	32	–	32	–
Evapotranspiración	–	18	–	16	–	–
Acuífero → Río (Rus)	1	3	1	2	1	–
Transferencia lateral (Altomira)	3	–	3	–	3	–
Transf. lateral (Mancha Occ. II)	–	20	–	19	–	12
Transferencia lateral (Montiel)	5	–	5	–	7	–
Extracc. (descontados retornos)	–	–	–	4	–	31
TOTAL	41	41	41	41	43	43

Campo de Montiel

	Régimen natural (y situación 1950s)		Situación actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	132	–	132	–
Evapotranspiración	–	21	–	18
Acuífero → Río (Córcoles)	2	3	2	2
Acuífero → Río (Alto Guadiana)	3	53	4	46
Ac. → Río (Azuer y Cañamares)	–	18	–	14
Transfer. lateral (Rus-Valdelobos)	–	5	–	7
Transfer. lateral (Mancha Occ. II)	–	37	–	43
Extracc. (descontados retornos)	–	–	–	8
TOTAL	137	137	138	138

TOTAL CUENCA

	Régimen natural		Situación 1950s		Situac. actual	
	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
Recarga lluvia	500	–	500	–	500	–
Evapotranspiración	–	195	–	183	–	50
Acuífero → Río (Riansares)	2	28	2	28	–	21
Acuífero → Río (Gigüela)	16	100	14	91	7	24
Acuífero → Río (Rus)	1	3	1	2	1	–
Acuífero → Río (Saona)	–	3	–	3	–	–
Acuífero → Río (Záncara)	5	97	5	78	–	23
Acuífero → Río (Amarguillo)	1	5	1	5	2	1
Acuífero → Río (Córcoles)	4	16	4	10	2	2
Ac.→Río (Alto Guad., Montiel)	3	53	3	53	4	46
Ac.→Río (Guadiana tras Montiel)	72	2	70	2	56	–
Ac.→Río (Ojos hasta Tablas D.)	–	94	–	81	–	–
Ac.→Río (Guadiana tras Tablas D.)	–	5	–	4	–	–
Ac.→Río (Azuer y Cañam., Mont.)	–	18	–	18	–	14
Ac.→Río (Azuer tras Valleherm.)	16	1	19	1	9	–
Extracc. (descontados retornos)	–	–	–	60	–	400
TOTAL	620	620	619	619	581	581

En las masas en las que existen extracciones, una entrada adicional no considerada en estas tablas serían los retornos. Dada la incertidumbre existente, tanto en los bombeos como en la estimación de dichos retornos, se considera el balance “*extracciones – retornos*” englobado en un único término del balance.

Otra consideración sobre estos balances es que consideran la teórica división hidrogeológica, que como se indicó anteriormente no es fija, y por tanto no consideran posibles transferencias laterales con otras cuencas. Si consideramos las divisorias de cuencas existirían intercambios principalmente desde el Tajo y hacia el Júcar. También

en este caso es necesaria la mejora del conocimiento para acotar la incertidumbre existente, aunque en base a tanteos más o menos groseros no parece que este intercambio pueda tener valores excesivamente altos.

A partir del balance total de la cuenca puede deducirse, en grandes cifras, que la aportación de los acuíferos a la escorrentía al final de la cuenca (El Vicario) en régimen natural, venía dada a partes casi iguales por las descargas procedentes del Gigüela, del Záncara, y del tramo Ojos del Guadiana-Tablas de Daimiel, cercanas cada una de ellas a los 100 hm³/año.

Básicamente, esta cifra conjunta, cercana a los 300 hm³/año suponía la escorrentía subterránea estimada en El Vicario en régimen natural, sobre una escorrentía total de unos 400–410 hm³/año en valores medios. Esto da una idea de la gran importancia que las aguas subterráneas tienen en el funcionamiento de la cuenca, pues en régimen natural suponían aproximadamente el 70% de la aportación al flujo total. En años secos esta importancia relativa de la componente subterránea aumentaba aún más.

Como puede verse en los balances de la situación actual, la aportación del tramo Ojos del Guadiana-Tablas de Daimiel ha desaparecido totalmente, mientras que las correspondientes a los ríos Záncara y Gigüela han quedado reducidas a algunos tramos de las masas situadas al Norte de la Llanura Manchega. Como además la zona central de la cuenca es en esta situación área de infiltración en su totalidad, los caudales en El Vicario están hoy día prácticamente reducidos a la escorrentía superficial en periodos de importantes lluvias.

Los balances deben ser interpretados con mucha cautela y sin perder de vista su adecuación a la realidad conceptual que representan. Así, no hay que olvidar que representan situaciones medias que no existen en la realidad. Desde el punto de vista cuantitativo reflejan valores que por si solos no definen adecuadamente el comportamiento verdadero. Por ejemplo, en las relaciones acuífero-río, simplifican mediante un único “valor medio” relaciones que en muchas zonas de la cuenca cambian el comportamiento relativo (río ganador o perdedor), según la secuencia meteorológica o la época del año.

Las incertidumbres en cuanto a su aproximación a la realidad son aún mayores en el caso del tercer balance, que trata de representar la situación actual del sistema. Siguiendo la filosofía comparativa de los dos estados anteriores se ha pretendido representar el punto de equilibrio (entendido como balances y niveles piezométricos constantes, y por tanto sin variación en el almacenamiento, equilibrando entradas y salidas) que alcanzaría el sistema si se mantuvieran en el tiempo las acciones actuales sobre el mismo (considerando unas extracciones totales en la cuenca alta de unos 400 hm³/año). No es una situación, por tanto, que represente a un momento concreto del

sistema, pero aporta una aproximación teórica a la cuantificación actual de los balances hídricos.

El estado profundamente perturbado en que se encuentra el sistema hace aún más difícil hablar de valores medios en esta situación. Por ejemplo, la infiltración del agua de los ríos a los acuíferos se ve favorecida por el cambio de comportamiento de la relación río-acuífero. Tramos que antes eran de descarga natural del acuífero se han convertido ahora en tramos donde se produce una recarga indirecta por la infiltración del agua en el río. Sin embargo, la existencia de un menor caudal circulante por los ríos como consecuencia de la reducción de la esorrentía subterránea, actúa en sentido contrario. Así, en una situación cercana a la natural, la infiltración de agua al acuífero desde los ríos solía oscilar relativamente poco, entre unos 90 y 140 hm³/año, según la pluviometría. Sin embargo, en la situación actual la mayor tendencia a la infiltración de agua en el acuífero puede hacer que en años con pluviometría importante este valor suba hasta unos 270 hm³/año, mientras que en años secos, en los que los ríos apenas llevan agua, el valor de la infiltración puede reducirse hasta unos 40 hm³/año (Martínez Cortina, 2001).

6.5 *La cuantificación de los recursos renovables en la cuenca alta del Guadiana*

La estimación de los balances hídricos detallados para cada una de las masas de agua subterránea del sistema representa conceptualmente la forma más adecuada de cuantificar los recursos subterráneos, y de dar una idea cuantitativa del comportamiento del sistema acuífero-río-zonas húmedas.

Por el contrario, los términos y definiciones establecidos de forma oficial en los instrumentos de Planificación Hidrológica, derivados de definiciones bastante genéricas procedentes de la Directiva Marco del Agua, no siempre tienen una interpretación hidrogeológica clara. De ahí que, en general, su estimación no se esté haciendo de una forma homogénea y que no siempre esté claro el concepto representado por las cifras obtenidas. Debido a estas discrepancias, se van a considerar a continuación tres posibles interpretaciones con respecto a la cuantificación de los recursos renovables, dejando bien claro el concepto que cada una de ellas trata de representar.

Interpretación 1:

Correspondería a la que estrictamente parece derivarse de la lectura de la Instrucción de Planificación Hidrológica. Dicha Instrucción dice que “el recurso disponible en las masas de agua subterráneas se define como el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados”.

Añade la Instrucción: “El recurso disponible se obtendrá como diferencia entre los recursos renovables (recarga por la infiltración de la lluvia, recarga por retorno de regadío, pérdidas en el cauce y transferencias desde otras masas de agua subterránea) y los flujos medioambientales requeridos para cumplir con el régimen de caudales ecológicos y para prevenir los efectos negativos causados por la intrusión marina”.

De acuerdo con este último párrafo, la Instrucción de Planificación parecería asimilar los recursos renovables al conjunto de todas las entradas que recibe la masa de agua subterránea (lo que en las tablas de balances hídricos del apartado anterior correspondería con el “Total” de las columnas de entradas).

Interpretación 2:

Otra posible interpretación sobre la estimación de los recursos renovables consistiría en detraer de la cifra de entradas totales, las salidas por evapotranspiración y las salidas laterales (a otras masas o al mar). De esta forma, el recurso renovable se asimilaría a la descarga del acuífero en manantiales y a las corrientes superficiales en tramos de ríos ganadores, lo que supondría la aportación del acuífero a la escorrentía (escorrentía subterránea).

Interpretación 3:

Una tercera posibilidad de interpretar los recursos renovables vendría dada por la diferencia entre la recarga procedente de la lluvia y la evapotranspiración a la atmósfera. En cierto modo, y especialmente si lo consideramos para una cuenca o subcuenca cerrada en su conjunto, es el valor que más se puede identificar con el concepto de recurso subterráneo renovable. Representaría, por así decirlo, el recurso neto que se renueva en la relación con la atmósfera. La infiltración de los ríos, las descargas del acuífero, o las entradas y salidas laterales constituyen procesos hidrológicos en los que el recurso procede previamente de la escorrentía superficial, de la propia recarga del acuífero, de las descargas del mismo, etc. En el caso de la cuenca alta del Guadiana estos procesos son, además, especialmente relevantes, siendo habitual que lo que se drena del acuífero en una masa se infiltre en otra, y vuelva a descargarse en superficie aguas abajo.

Sin embargo, y desde un punto de vista del recurso subterráneo, ese balance neto entre la recarga de la lluvia y la evapotranspiración que se va a la atmósfera, constituye “el nuevo agua” generada que actúa de “motor” contribuyendo a desencadenar el resto de procesos que tienen lugar en el acuífero. En valores medios a largo plazo, y con ligeras matizaciones, la recarga media procedente de la lluvia puede considerarse constante. La evapotranspiración varía en función de la situación del sistema y supone en términos del balance una “pérdida” del recurso generado hacia la atmósfera, si bien, especialmente en cuencas como la del Alto Guadiana es un indicador de la “buena salud hidrológica” de las zonas húmedas. Como se decía anteriormente esta diferencia entre recarga de la

lluvia y evapotranspiración tiene aún mayor sentido de “renovabilidad” si consideramos la cuenca en su conjunto. Si consideramos las masas aisladamente, el valor puede ser conceptualmente negativo, cuando debido al funcionamiento conjunto de todo el sistema el agua generada como recarga de la lluvia en el ámbito de una masa es inferior a la que se evapotranspira en esa zona.

Pueden analizarse las posibilidades anteriores tomando como ejemplo la masa de agua subterránea del Campo de Montiel en régimen natural. Su balance hídrico completo sería el siguiente:

<u>Entradas:</u>		<u>Salidas:</u>	
– Recarga lluvia	132 hm ³ /año	– Drenaje acuífero	74 hm ³ /año
– Infiltración ríos	5 hm ³ /año	– Evapotranspiración	21 hm ³ /año
		– Salidas laterales	42 hm ³ /año
Total entradas	137 hm ³ /año	Total salidas	137 hm ³ /año

El recurso renovable entendido como el total de las entradas (*Interpretación 1*) sería de 137 hm³/año. Si se detraen las salidas por evapotranspiración y transferencias laterales (*Interpretación 2*) la cifra se reduciría a 74 hm³/año. Por último, considerando la diferencia entre la recarga procedente de la lluvia y la evapotranspiración (*Interpretación 3*) el valor sería de 111 hm³/año.

En una situación en equilibrio, como esta en régimen natural, las salidas se igualan con las entradas. El balance hídrico completo nos permite tener la distribución de las salidas de los recursos subterráneos que entran en la masa. La utilidad conceptual de los recursos renovables, en cualquiera de las formas anteriormente definidas es muy relativa y limitada. Como se ha analizado en apartados anteriores, una extracción mantenida en el tiempo conduce a una nueva situación de equilibrio en la que el balance hídrico varía. Al principio lo hace básicamente con una reducción del drenaje del acuífero y de la evapotranspiración, pero a medida que el cambio es mayor, afecta también a otros términos del balance, como la infiltración desde los ríos o las transferencias laterales.

Las cuantificaciones que reducen los elementos del balance a un valor numérico aislado (ya sea el valor total de las entradas en el acuífero, la parte que es drenada por el mismo, u otros similares) no representan cuantitativamente la evolución del comportamiento del flujo subterráneo. Pueden resultar interesantes y descriptivos en algunos casos, pero tienen el peligro de reducir a un solo número procesos más complejos (situaciones y comportamientos muy diferentes pueden dar lugar a valores coincidentes). Además pueden inducir a ciertos errores de interpretación, cuando se utilizan estos valores con determinados fines, sin considerar de forma adecuada el comportamiento del sistema y lo que representan conceptualmente.

Si se interpretan los recursos renovables como el conjunto de todas las entradas a las masas, en la forma que parece desprenderse de la Instrucción de Planificación Hidrológica (*Interpretación I*), los valores en régimen natural para cada una de las masas de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana, serían, a tenor de las tablas de balances hídricos anteriores, los siguientes:

Sierra de Altomira	82 hm ³ /año
La Obispalía	15 hm ³ /año
Lillo-Quintanar	35 hm ³ /año
Consuegra-Villacañas	44 hm ³ /año
Mancha Occidental I	231 hm ³ /año
Mancha Occidental II	259 hm ³ /año
Rus-Valdelobos	41 hm ³ /año
Campo de Montiel	137 hm ³ /año

(Ver nota a pie de página)¹

En todo caso, y en base a las consideraciones realizadas anteriormente, parece aconsejable insistir en el escaso significado que las cifras por si solas tienen si no se considera adecuadamente lo que las mismas representan y el funcionamiento conjunto de todo el sistema. Uno de los peligros más habituales detectado a menudo, y especialmente cuando se consideran trabajos aislados de algunos de los acuíferos, unidades hidrogeológicas o masas del sistema, es asimilar la suma de los recursos anteriores a una especie de recursos conjuntos de toda la cuenca. Es evidente que los recursos renovables de las cifras anteriores, considerados como las entradas en cada masa (*Interpretación I*), están contabilizados varias veces en distintas masas (por ejemplo, parte de lo que entra como recarga de la lluvia en el Campo de Montiel es transferido lateralmente a Mancha Occidental II, y contabilizado según la definición oficial de recursos renovables en ambas masas). Las características de la cuenca alta del Guadiana hacen que en situación natural se produzcan procesos que condicionan también estas cifras (por ejemplo, lo que se infiltra en una masa se descarga a los ríos en otra y puede volver a infiltrarse más adelante, como ya se indicó anteriormente).

Como se explicó en el apartado anterior, los retornos procedentes principalmente del regadío se han englobado en el término de salida por bombeos descontándolos del mismo. En sentido estricto los retornos son considerados por la Instrucción como otra entrada, así que habría que incrementar las extracciones en una cierta cantidad y considerar ese mismo incremento como entrada por retornos. Existe mucha

¹ Aunque se explica en el párrafo siguiente conviene insistir en que los recursos renovables de la cuenca en su conjunto **NO** pueden obtenerse como la suma de los recursos renovables de cada masa.

incertidumbre al respecto, pero podría hablarse de que los retornos representan el 10% de las extracciones aproximadamente.

Si en lugar de considerar de forma independiente cada masa, consideramos el conjunto de toda la cuenca alta del Guadiana, y aplicamos sobre él la definición oficial de recursos renovables entendida como en el cálculo anterior (*Interpretación 1*), puede verse que el recurso renovable en situación natural sería de 620 hm³/año, y aún así habría que hacer las mismas consideraciones con respecto a la contabilización de recursos.

Desde este punto de vista del conjunto de la cuenca, resulta particularmente interesante analizar el balance “recarga de la lluvia menos evapotranspiración” (*Interpretación 3*), de acuerdo con lo comentado en este apartado. Puede verse que ese valor, para el conjunto de la cuenca alta, era de unos 305 hm³/año en régimen natural, y está en torno a los 450 hm³/año en la situación actual. En los siguientes apartados se analizará con más detalle el significado y repercusión de este incremento.

7. CONSIDERACIONES SOBRE LA EVOLUCIÓN FUTURA DEL SISTEMA HIDROLÓGICO DE LA CUENCA ALTA DEL GUADIANA

En los apartados anteriores, y en casi todos los trabajos que tienen como marco la cuenca alta del Guadiana, se hace a menudo referencia a la incertidumbre existente, inherente por otra parte a todo proceso hidrológico, y a la necesidad de incrementar el conocimiento en determinados aspectos relacionados con dichos procesos.

Esta necesidad es cierta, pero también lo es que el conocimiento existente, en lo que respecta a los principales aspectos cualitativos e incluso cuantitativos del funcionamiento hidrogeológico, es más que aceptable; y más que suficiente, desde el punto de vista hidrológico, para la toma de decisiones.

Es evidente que en la toma de decisiones “hidrológicas” en la cuenca alta del Guadiana, intervienen otros muchos factores con pesos importantes: sociales, económicos, políticos, legales, etc. En todo caso, el objetivo del presente informe está fuera de dichos ámbitos y se limita a considerar los aspectos hidrológicos y medioambientales (en la medida que las zonas húmedas forman parte del sistema hidrológico), planteando su situación y las expectativas de futuro existente, basándose siempre en evidencias científicas e incidiendo en algunos aspectos que hasta ahora no han sido, por lo general, tenidos en cuenta de forma adecuada.

A pesar de todos los matices e incertidumbres comentados anteriormente en los balances hídricos, de una forma global y considerando el comportamiento del sistema, existe el conocimiento suficiente para predecir la evolución hidrológica futura de los

acuíferos y zonas húmedas de la cuenca alta del Guadiana en función de las extracciones de agua subterránea que se realicen.

En la situación actual del sistema, el cambio en su comportamiento se refleja en los balances hídricos –a costa de un deterioro medioambiental debido al uso intensivo del recurso– en un aspecto que de alguna manera podría considerarse que sí supone un incremento de la renovabilidad: la reducción de la evapotranspiración. El volumen de agua que ahora se evapotranspira de los acuíferos a la atmósfera se ha reducido en unos 125-150 hm³/año, como consecuencia de la desaparición de zonas húmedas y áreas de descarga. Como se veía en el último párrafo del apartado anterior, el recurso renovable para el conjunto de la cuenca, entendido en la tercera de las posibilidades contempladas en dicho apartado (recarga de la lluvia menos evapotranspiración) habría así aumentado de 305 a 450 hm³/año. Conceptualmente esto supone un incremento del volumen de agua que puede extraerse del acuífero manteniendo constante el nivel piezométrico en el mismo, con respecto a la situación en régimen natural. Este aumento, lejos de ser considerado como un beneficio, debe ser interpretado de forma adecuada, y valorando las intensas afecciones medioambientales que ha producido. Indica que con los niveles piezométricos a profundidades de varias decenas de metros en zonas que en situación natural eran de descarga del acuífero, una mayor parte de la recarga de la lluvia es “aprovechada” por el acuífero para subir sus niveles. Desde el punto de vista del balance, en situación más cercana a la natural el acuífero tenía unas salidas naturales por evapotranspiración que no tiene en la situación alterada actual.

Los valores de los balances hídricos por masas para la situación actual se han estimado tomando como referencia un punto de equilibrio en torno a los 400 hm³/año de extracciones en el conjunto de acuíferos de la cuenca. Mientras se mantenga esta cifra no son de esperar variaciones importantes a medio plazo en la profundidad de los niveles. No hay que olvidar que hablamos de situaciones “medias” que realmente no existen como tales. En términos de precipitación, y aún más de recarga, hay estadísticamente más años por debajo de la media que por encima. En este tipo de climas las puntas de recarga importantes se producen de forma generalmente puntual cada cierto tiempo. De ahí que tendencias de ligeros descensos mantenidos no siempre son evidencia de que a medio plazo los descensos continúen incrementándose.

A la vista de los balances, el “ahorro” de agua evapotranspirada provocado por la desaparición de zonas húmedas y áreas de descarga podría precisamente ser destinado a la recuperación de los niveles de los acuíferos.

Dicho esto, puede estimarse (siempre suponiendo series largas en las que tengan sentido los valores medios), que en las zonas centrales de la Llanura Manchega, donde mayores descensos históricos se han registrado, y en la situación actual, se producirá una recuperación de niveles que puede estimarse en unos 8 cm/año por cada 10 hm³ (o 1

metro por cada 125 hm³) que se reduzca la extracción mencionada anteriormente por debajo de los 400 hm³/año. Es decir, que una extracción global de unos 275 hm³/año produciría en esas zonas un ascenso aproximado de un metro anual.

Una matización importante a considerar tiene que ver con los aspectos cualitativos a los que se refieren estas cifras. La evolución hacia la situación de equilibrio con extracción de 400 hm³/año se ha producido con una determinada distribución de las extracciones, en cuanto a su situación geográfica y nivel acuífero de procedencia. Las estimaciones de futuro serán más válidas en la medida que esta distribución no varíe mucho. Puede considerarse que de estos 400 hm³/año, el 80% corresponde a extracciones para regadío en las tres masas de la Llanura Manchega (Mancha Occidental I, Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos). Dadas las características de los acuíferos de la cuenca no son de esperar variaciones muy importantes en este sentido. Posiblemente se detecte una mayor extracción de los niveles acuíferos profundos en la zona de las masas de Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos, con un cierto desplazamiento del centro de gravedad de las extracciones hacia dicha zona oriental de la Llanura Manchega.

Es muy importante tener en cuenta que esa situación de recuperación no es lineal e indefinida. A medida que se van recuperando los niveles el balance hídrico varía, y sólo podría llegarse al punto de equilibrio que definiría a una situación con extracciones permanentes de 275 hm³/año. Desde el punto de vista de relaciones acuífero-río, y especialmente del de la recuperación de zonas húmedas, no habría cambios demasiado significativos con respecto a la situación actual. En las zonas de descarga principales del sistema los niveles aún quedarían unos 10-15 metros por debajo de la superficie. Para que se volviera a producir el drenaje del acuífero en dichas zonas, al menos de una forma estacional, habría que reducir aún más esa cifra, por debajo de los 200 hm³/año.

8. RECURSOS DISPONIBLES. RECOMENDACIONES

La aplicación de la definición oficial de recursos disponibles (Instrucción de Planificación Hidrológica) en la cuenca alta del Guadiana está condicionada por la situación de los acuíferos centrales de la cuenca. En sentido estricto, a los recursos renovables habría que restarles los flujos medioambientales requeridos para cumplir con el régimen de caudales ecológicos. Pero estos flujos medioambientales sólo pueden existir en la zona central de la cuenca alta si se vuelve a producir la conexión entre acuíferos y corrientes superficiales. Obviamente, esto se produciría de forma más rápida cuanto menores sean las extracciones, y por tanto cuanto más próximos a 0 estén los recursos disponibles.

Se ha comentado también la dificultad de tomar decisiones “hidrológicas” sin tener en cuenta otros factores y condicionantes. Aun no siendo objetivo de este trabajo entrar en esos ámbitos, sí parece adecuado dar unas recomendaciones en base al conocimiento

general existente, y sin perder de vista el funcionamiento de los procesos hidrológicos descritos a lo largo del presente informe y el objetivo último de recuperación hidrológica y medioambiental del sistema hídrico de la cuenca alta del Guadiana.

A la vista de lo anterior, la recomendación consistiría en establecer los recursos disponibles en dos fases. En una primera fase, y partiendo de la situación actual, el recurso total disponible en el conjunto de la cuenca alta del Guadiana sería de 275 hm³/año. Con esta cifra total de extracciones se producirían (como valor medio, a medio plazo) ascensos de 1 metro anual en los niveles piezométricos de las zonas en las que los descensos han sido mayores. Un reparto adecuado de estos recursos disponibles podría ser el siguiente:

Sierra de Altomira	20 hm ³ /año
Lillo-Quintanar	2 hm ³ /año
Consuegra-Villacañas	15 hm ³ /año
Mancha Occidental I	95 hm ³ /año
Mancha Occidental II	110 hm ³ /año
Rus-Valdelobos	25 hm ³ /año
Campo de Montiel	8 hm ³ /año

Sobre estas cifras podrían hacerse matices que incrementaran los recursos disponibles en algunas de las masas laterales en zonas que tuvieran escasa repercusión para la zona central de la cuenca (Norte de Altomira, Lillo-Quintanar, La Obispalía). Por otra parte, la masa del Campo de Montiel, de muy distinto funcionamiento como se ha explicado, podría incrementar en secuencias húmedas este recurso disponible, aunque debería prestarse especial atención a la ubicación de las extracciones.

Cabe hacer aquí la misma observación que se hizo en el apartado 6.5 sobre los recursos renovables, con respecto al cuidado necesario en la consideración de cifras aisladas sin tener en cuenta el comportamiento del sistema. Como ejemplo extremo podemos considerar la gran diferencia que puede existir en una determinada cuenca o masa entre realizar la detracción del recurso subterráneo en una zona alejada del cierre de la cuenca o hacerlo cerca ya del cierre. En el primer caso se detrae un agua que no va a formar parte ya de un proceso en que puede infiltrarse, descargarse en superficie, volver a infiltrarse, etc. Estos procesos son especialmente relevantes en la cuenca alta del Guadiana en una situación no excesivamente influenciada.

Con esta cuantificación de recursos disponibles se produciría una recuperación importante de niveles piezométricos, de tal modo que, por ejemplo, en los Ojos del Guadiana, el nivel actualmente situado a unos 24 metros de profundidad (datos de campo del IGME, enero de 2010), quedaría a unos 10 metros en un periodo inferior a los 20 años.

Sería necesaria una segunda fase aún más restrictiva en cuanto a recursos disponibles, que permitiera recuperar la conexión del acuífero con corrientes superficiales y zonas húmedas, al menos de una forma estacional, en secuencias climatológicamente húmedas. Ese valor podría estar, en principio, en torno a los 150 hm³/año para el conjunto de la cuenca, y con los mismos matices de posibilidad de ciertos incrementos en las masas laterales.

Con respecto a los valores y consideraciones anteriores hay que hacer una serie de observaciones:

- Es importante tener claro desde el principio que para la recuperación hidrológica y medioambiental definitiva del sistema, la cifra final de extracciones mantenidas en el futuro tendrá que ser muy reducida en comparación con las actuales. Como referencias, por debajo de 200 hm³/año se produciría previsiblemente la aportación del acuífero en algunas zonas de descarga, al menos estacionalmente en secuencias húmedas; mientras que haría falta llegar hasta unos 60 hm³/año para mantener la situación de los años 50 del pasado siglo. En el rango comprendido entre esas cifras irían aumentando paulatinamente los caudales de descarga, las épocas en las que los ríos se comportarían como ganadores, y la superficie de las zonas húmedas. Sin embargo, si las extracciones se mantienen en los niveles inicialmente mencionados de 275 hm³/año, el esfuerzo será inútil desde el punto de vista de recuperación de zonas húmedas, porque para los efectos de funcionamiento de las mismas es indiferente que el nivel piezométrico esté a 15 metros que a 40 metros.
- El comportamiento y evolución del sistema, en esa primera fase de reducción real de las extracciones, está claramente definido, dentro de los márgenes de incertidumbre propios de cualquier proceso hidrológico. El periodo de transición hacia esa segunda fase más ambiciosa, permitiría analizar la evolución real del sistema dentro de las particularidades del escenario que se vaya desarrollando, comprobando el cumplimiento de las tendencias esperadas. A su vez, esto permitirá acotar algunas de las incertidumbres existentes relacionadas, por ejemplo, con la incidencia de posibles cambios relativos en la distribución geográfica de las extracciones, aumento relativo de las extracciones procedentes del acuífero profundo, repercusión de un posible incremento de las extracciones en las zonas periféricas del sistema, mayor precisión en determinar la relación final entre las extracciones mantenidas y la recuperación alcanzada, incidencia del cambio climático, etc. De esta manera, en la segunda fase podrían tomarse decisiones más ajustadas a las necesidades del sistema.

- Es evidente que si las extracciones se reducen desde el principio aún más de las cifras indicadas, o antes se consigue pasar a esa segunda fase más restrictiva, más cerca se estará de la recuperación hídrica y medioambiental del sistema. En cualquier caso, parece “hidrológicamente justo” que en la valoración de los recursos disponibles en esta primera fase de recuperación se tenga en cuenta el incremento que ha habido en la “disponibilidad” de agua no evapotranspirada a la atmósfera como consecuencia de la situación perturbada en la que se encuentra el sistema, permitiendo que ese incremento, estimado en unos 125-150 hm³/año, se destine precisamente a la recuperación del mismo.

9. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La cuantificación de los recursos subterráneos de la cuenca alta del Guadiana es una tarea compleja, no sólo por las dificultades e incertidumbres propias de los procesos hidrológicos a cuantificar, sino también por las especiales características y situación de la cuenca, y por la difícil aplicación conceptual de las definiciones oficiales de recursos renovables y disponibles.

El conjunto de masas de aguas subterráneas de la CAG, junto con las masas superficiales, forman un sistema complejo en el que las relaciones en régimen natural son muy estrechas, y dan lugar además a numerosas lagunas y zonas húmedas de alto valor ecológico. Las acciones ejercidas sobre alguna de estas partes del sistema repercuten en el resto, por lo que resulta necesario conocer adecuadamente el funcionamiento de dichas relaciones para tomar decisiones adecuadas.

A lo largo del documento se destacan algunos aspectos específicos del funcionamiento hidrológico de la cuenca alta del Guadiana, especialmente relevantes a la hora de realizar e interpretar las cuantificaciones de recursos subterráneos. Entre ellos se llama la atención sobre la capacidad de autorregulación de los acuíferos en una situación no excesivamente influenciada, y en el hecho de que a cada cifra de extracciones de agua mantenida en el tiempo (y prescindiendo de la variabilidad meteorológica) le corresponde un punto de equilibrio que el sistema alcanza a medio-largo plazo, caracterizado por un cierto balance hídrico y unos determinados niveles piezométricos. Por encima de un determinado umbral de extracciones para el conjunto de la cuenca alta (que se estima en torno a los 200 hm³/año) las descargas de los acuíferos prácticamente no existirían en la zona central del sistema, y por tanto no habría aportación subterránea a ríos y zonas húmedas.

Como intento de acercarse de la forma más precisa posible desde un punto de vista hidrogeológico a esta cuantificación, se ha estimado el balance hídrico para cada una de las masas de agua subterránea (considerando todas las entradas y salidas) en tres situaciones diferentes del sistema: en régimen natural, supuesto que no se ejerce

ninguna acción antrópica sobre el sistema; en la situación poco influenciada que representaría la moderada extracción “histórica” realizada con norias hasta finales de los años 50 del siglo XX; y por último en la situación actual, o más exactamente, en el punto de equilibrio que se alcanzaría manteniendo aproximadamente las extracciones actuales y su distribución, que representa una situación profundamente perturbada del sistema respecto a las dos anteriores.

Con respecto a la cuantificación de recursos renovables y disponibles en los términos definidos en los documentos oficiales de Planificación Hidrológica, se realizan una serie de consideraciones al respecto de dichas definiciones y de la dificultad de su aplicación. Se insiste en la importancia de conocer y considerar adecuadamente los procesos hidrológicos que tienen lugar en la cuenca alta del Guadiana, como base para interpretar correctamente las cifras referidas a la cuantificación de los recursos, y en concreto los conceptos a los que dichas cifras representan.

Otro de los aspectos de interés del presente informe es el análisis de las expectativas futuras de evolución de los acuíferos, ríos y zonas húmedas de la CAG. Dicho análisis se hace a partir de las cuantificaciones realizadas sobre balances hídricos, y especialmente del conocimiento de los procesos hidrológicos que tienen lugar en el sistema, y de la respuesta del mismo a las diferentes situaciones en las que se encuentra en cada momento y a las acciones antrópicas que sobre el se llevan a cabo.

De este análisis se derivan una serie de recomendaciones sobre los recursos disponibles, con las matizaciones hechas previamente sobre la definición oficial de los mismos.

A grandes rasgos, la recomendación pasa por establecer una primera fase con unos recursos disponibles del orden de 275 hm³/año para el conjunto de masas de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana, y con una cierta distribución de los mismos. Esto llevaría a una notable recuperación de los niveles piezométricos, que tendría un límite aunque estas cifras de aprovechamiento del recurso se mantuvieran en el tiempo. Desde el punto de vista de la reaparición en determinadas zonas de las descargas naturales y de la recuperación de las zonas húmedas, esta primera fase no sería suficiente, y tendría que ir seguida de una fase posterior más restrictiva para que la recuperación hídrica y medioambiental fuera posible.

Así, se estima que por debajo de los 200 hm³/año de extracciones mantenidas en el tiempo para el conjunto de la CAG, podrían comenzar a producirse descargas en zonas topográficamente bajas como los Ojos del Guadiana, al menos de forma estacional, en secuencias climatológicamente húmedas. A medida que esta cifra de extracciones se redujera más, aumentarían las descargas y la extensión de zonas húmedas, y el sistema sería menos sensible a la estacionalidad de dichas descargas. Pueden estimarse como referencias las cifras de 125 hm³/año para una recuperación hídrica y medioambiental

muy notable, y 60 hm³/año para alcanzar la situación poco influenciada existente a mediados del siglo XX.

10. GLOSARIO

Las definiciones recogidas en el presente Glosario son un resumen de las reflejadas en las referencias bibliográficas o definiciones normativas más extendidas. No obstante, en el caso de recursos renovables y recursos disponibles se recomienda tener en cuenta las reflexiones aportadas por los autores del informe en el apartado 6.5.

- **Aportación:** Volumen de agua recibido por una cuenca de drenaje en un periodo determinado de tiempo, de forma superficial o subterránea.
- **Descarga natural:** Volumen de agua subterránea que sale de un acuífero mediante evapotranspiración o a través de manantiales o áreas de surgencia.
- **Infiltración:** Flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo. Puede alcanzar o no la zona saturada. Supone el movimiento del agua desde el exterior hacia el interior de un medio poroso o fracturado.
- **Lluvia útil:** Es la diferencia entre precipitación y evapotranspiración real. Si a las precipitaciones se le resta la evapotranspiración, lo que queda es el agua que, bien de forma subterránea o de forma superficial, contribuirá a la *escorrentía total o aportación de un río* y es susceptible, por tanto, de ser utilizada. Esta es la razón por la que a tal diferencia se le denomina lluvia efectiva o lluvia útil.
- **Recarga inducida:** es cuando se fuerza la entrada de agua superficial al subsuelo, como consecuencia del descenso del nivel freático provocado por la extracción de las aguas subterráneas.
- **Recarga natural:** Volumen de agua que entra en un acuífero durante un periodo de tiempo, debido a las precipitaciones o a la infiltración de un curso de agua.
- **Recursos disponibles:** es la parte del recurso renovable que constituye la potencial oferta de uso una vez descontados las restricciones externas de carácter: ambiental (preservación de flujos, niveles, características físico-químicas), socioeconómicas (actividades antrópicas prioritarias), relacionadas con la ordenación territorial, geopolíticas (ríos internacionales) y técnicas (dependientes del nivel tecnológico del sistemas de aprovechamiento). En el marco de aplicación de la DMA, y de acuerdo con la Instrucción de Planificación Hidrológica (ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre) el **recurso disponible en las masas de agua subterráneas** se define como el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados. El recurso disponible se

obtendrá como diferencia entre los recursos subterráneos renovables (recarga por la infiltración de la lluvia, recarga por retorno de regadío, pérdidas en el cauce y transferencias desde otras masas de agua subterránea) y los flujos medioambientales requeridos para cumplir con el régimen de caudales ecológicos y para prevenir los efectos negativos causados por la intrusión marina.

- **Recursos no renovables:** *Recursos agotables.* Fracción de los recursos que no son susceptibles de renovación de forma natural, en términos de tiempo histórico, y cuya explotación afecta a las reservas pudiendo llegar a agotarlas (recursos mineros, por ejemplo).
- **Recursos subterráneos renovables:** corresponden a la parte de la recarga que acaba saliendo a formar parte del flujo superficial sin producir una variación en el almacenamiento. Se determinan mediante la diferencia entre la recarga de un acuífero y sus pérdidas por evapotranspiración o por transferencias laterales o al mar. No todos los recursos renovables pueden considerarse *explotables*, pues deben tenerse en cuenta una serie de restricciones debidas a afecciones, impactos ecológicos, etc. La Instrucción de Planificación Hidrológica parece asimilar los recursos renovables al conjunto de entradas a la masa. En el apartado 6.5 se discute ampliamente el concepto de recursos subterráneos renovables y sus posibles interpretaciones.
- **Sobreexplotación:** Podría definirse como la explotación de las aguas subterráneas cuando lleva asociada consecuencias globalmente negativas. Desde el punto de vista legal, el R.D. 849/1986 de Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Art. 171, Apdo. 2) aplica el término a tres posibles situaciones:
 - o Extracciones muy próximas o superiores a los recursos renovables que hagan peligrar los aprovechamientos existentes.
 - o Deterioro grave de la calidad del agua.
 - o Los casos en que la evolución hídrica del acuífero, como consecuencia de las extracciones, ponga en peligro a largo plazo los aprovechamientos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acreman *et al.* (ed.) (2000). Technical Report to the European Union ENV4 – CT95-0186 – Groundwater and River Resources Action Programme on a European Scale (GRAPES). Institute of Hydrology, Wallingford (Reino Unido). 248 pp.
- Almarza, 1984. Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos. Instituto Nacional de Meteorología. 3 volúmenes.
- BOE (Boletín Oficial del Estado), 1998. Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de cuenca. Ministerio de Medio Ambiente. BOE nº 191 de 11/8/1998.
- BOE (Boletín Oficial del Estado), 2008. Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), 2007a. Estudio general de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. Parte I. En *Documentos definitivos* de: <http://planhidrologico2009.chguadiana.es/>
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), 2007b. Plan Especial de sequías de la Cuenca del Guadiana (PES). En: *Inicio > Planificación > Planes hidrológicos vigentes > Plan Especial de Sequía (PES) > Documentación* de: <http://www.chguadiana.es/>
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), 2008a. Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG). En: *Inicio > Planificación > Planes hidrológicos vigentes > Plan Especial del Alto Guadiana (PEAG)* de: <http://www.chguadiana.es/>
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), 2008b. Esquema provisional de temas importantes (ETI). Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana. En: *Documentos del Plan* de: <http://planhidrologico2009.chguadiana.es/>
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), 2009a. Determinación de los recursos disponibles en las masas de aguas subterráneas del Alto Guadiana. Documento interno provisional para PHG 2009.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), 2009b. Objetivos de recuperación del buen estado cuantitativo en las masas de agua subterránea del Alto Guadiana: Medidas de gestión de la demanda en el horizonte 2009-2027. Documento interno provisional para PHG 2009.
- Cruces y Martínez Cortina, 2000. La Mancha Húmeda. Explotación intensiva de las aguas subterráneas en la cuenca alta del río Guadiana. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas, Fundación Marcelino Botín, Serie A, nº 3, 66 pp.

- Cruces, Fornés, Casado, De la Hera, Llamas y Martínez Cortina, 1998. El marco natural: agua y ecología. En: “De la noria a la bomba. Conflictos sociales y ambientales en la cuenca alta del río Guadiana”. Editorial Bakeaz, Bilbao: 15–130.
- De la Hera, 1993. Ensayo de cuantificación de la conexión hidrogeológica entre el sistema acuífero del Campo de Montiel y el sistema acuifero de la Llanura Manchega. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 102 págs. + anexos.
- DGA–IGME, 2005. Caracterización Adicional: Mancha Occidental I y II. Trabajos técnicos para la aplicación de la DMA en materia de aguas subterráneas. Dirección General del Agua e Instituto Geológico y Minero de España.
- DGA–IGME, 2009. Actividad nº 2 sobre Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales en 2015. Encomienda de Gestión DGA-IGME para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Dirección General del Agua e Instituto Geológico y Minero de España.
- DGOH–ITGE, 1988. Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares, y síntesis de sus características. Dirección General de Obras Hidráulicas e Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Madrid. 58 págs.
- Estrela, Crooks y Croke, 2000. Conceptual groundwater/surface water modelling. En: “Technical Report to the European Union ENV4 – CT95-0186 – Groundwater and River Resources Action Programme on a European Scale (GRAPES)”. Capítulo 2.2. Institute of Hydrology, Wallingford (Reino Unido): 91–117.
- Fornes, 1994. Hidrología de algunas lagunas de Castilla-La Mancha. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 315 págs.
- García Rodríguez, 1996. Hidrogeología de las Tablas de Daimiel y de los Ojos del Guadiana. Bases hidrogeológicas para una clasificación funcional de humedales ribereños. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 2 tomos, 444 págs. + anexos.
- García Rodríguez y Llamas, 1992. Aspectos hidrogeológicos en relación con la génesis y combustión espontánea de las turbas de los Ojos del Guadiana. Actas del III Congreso Geológico de España. Salamanca, 23–26 junio, tomo 2: 285–293
- González Mas, 1978. Hidrogeología de la cuenca del río Zancara en los alrededores de La Alberca del Zancara (Cuenca). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 85 págs. + anexos.

- IGME, 2008. Mejora del conocimiento en las masas de agua subterránea de Sierra de Altomira (040.001) y Rus-Valdelobos (040.005).
- IGME-IRYDA, 1975. Proyecto de investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana. Informe técnico nº 4: Hidrogeología de la unidad caliza de la Sierra de Altomira (Unidad acuífera 19). Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas. Memoria.
- ITGE, 1979. Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana. Informe final (Sistema 19: Sierra de Altomira, Sistema 20: Mancha de Toledo, Sistema 22: Cuenca del río Bullaque, Sistema 23: Llanura Manchega, Sistema 24: Campo de Montiel). Plan Nacional de Investigación en Aguas Subterráneas (PNIAS).
- ITGE, 1981. Estudio de los recursos subterráneos de la cuenca alta del Guadiana. Sistemas acuíferos nº 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25. Avance 1981.
- ITGE, 1982. Estudio de las alternativas de utilización de las aguas subterráneas y superficiales en las cuencas del Guadiana y Tajo.
- ITGE, 1989a. Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis. Tomo I: Memoria. Madrid. 591 págs.
- ITGE, 1989b. Sistema acuífero nº 23. Mancha Occidental. Dirección de Aguas Subterráneas. Serie: Manuales de utilización de acuíferos. 10 capítulos + diapositivas.
- ITGE, 1991. Análisis de los aprovechamientos de aguas subterráneas en el sistema acuífero nº 24. Campo de Montiel.
- Llamas, Fornés, Hernández-Mora y Martínez Cortina, 2001. Aguas subterráneas: retos y oportunidades. Fundación Marcelino Botín – Ediciones Mundi-Prensa, 529 p. Madrid.
- Martínez Cortina, 2001. Estimación de la recarga en grandes cuencas sedimentarias mediante modelos numéricos de flujo subterráneo. Aplicación a la cuenca alta del Guadiana. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. 418 pp.
- Martínez Cortina, 2003. Marco hidrológico de la cuenca alta del Guadiana. En: Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales: la cuenca alta del Guadiana. Fundación Marcelino Botín y Ediciones Mundi-Prensa: 3-68.
- Martínez Cortina, 2008. Marco hidrológico del Campo de Montiel en el contexto de un modelo de gestión participativa de una masa de aguas subterráneas. Convenio de colaboración entre el IGME y la CHG. IGME 2008, 40 pp.
- Mejías, Roncero y Rodríguez, 2004. Evolución piezométrica y variación de reservas en la Unidad Hidrogeológica 04.04 (Mancha Occidental), 1980-2004. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos XXVII: 463-472.

Mejías, de la Losa y Jiménez, 2009. Informe sobre evolución piezométrica de la Unidad Hidrogeológica 04.04 (Mancha Occidental). IGME 2009, 29 pp.

Ministerio de Medio Ambiente, 2000. Libro Blanco del Agua en España.

MMA–DGA, 2005. Estudio inicial para la identificación y caracterización de las masas de agua subterránea de las cuencas intercomunitarias. Clave 320/03. Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente.

Montero, 1994. Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 2 tomos. 275 págs. + anejos.

MOPTMA–MINER, 1994. Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. ISBN: 84-498-0050-1.

MOPU–IGME, 1988. Estudio 07/88 de Delimitación de las Unidades Hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares y síntesis de sus características. Clave 21.820.035/0411.

SGOP (Servicio Geológico de Obras Públicas), 1982. Estudio de utilización conjunta de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca alta del Guadiana. Informe nº 2: Modelo digital de simulación del embalse subterráneo de la Llanura Manchega. Referencia 12/82. DGOH, MOPU.

SGOP (Servicio Geológico de Obras Públicas), 1991. Evolución de las extracciones y niveles piezométricos en los acuíferos de la Llanura Manchega y del Campo de Montiel. Primera parte: Llanura Manchega. Referencia 05/91. DGOH, MOPU. 60 págs + anejos.