

# Propuesta de zonificación hidrogeológica de las masas de agua subterránea (041.001) Sierra de Altomira y (041.005) Rus-Valdelobos

M. Martínez Parra<sup>(1)</sup> y J. A. Díaz Muñoz<sup>(2)</sup>

(1) Hidrogeólogo

marcmartinezparra@yahoo.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/Ríos Rosas, 23. Madrid. 28003

j.diaz@igme.es

## RESUMEN

Las Masas de Agua Subterránea (041.001) Sierra de Altomira y (041.005) Rus-Valdelobos presentan una compleja geometría y estructura que favorece la individualización de acuíferos en materiales carbonatados jurásicos y cretácicos. Estos acuíferos presentan diferentes parámetros hidráulicos, distintas cotas piezométricas y características fisicoquímicas de sus aguas, evidenciando desconexiones hidráulicas. Ello permite definir para las formaciones acuíferas carbonatadas de edad jurásica y cretácica un conjunto de subsistemas acuíferos jurásicos (SAJ) y cretácicos (SAC), que facilitan la gestión de los recursos hídricos.

Palabras clave: acuífero, Cretácico, Guadiana, Jurásico, nivel piezométrico

## ***Hydrogeological zoning proposal of (041.001) the Sierra de Altomira and (041.005) Rus-Valdelobos groundwater bodies***

### ABSTRACT

*The groundwater bodies (041. 001) of the Sierra de Altomira and (041.005) Rus-Valdelobos show a complex geometry and structure that promotes the individualization of aquifers with Jurassic and Cretaceous materials. These aquifers present different hydraulic parameters, piezometric levels and hydrochemical characteristics and show a hydraulic disconnection. This allows the definition for the formation of Jurassic aquifers (ASJ) and Cretaceous aquifers (ASC) as a set of sub-aquifers which facilitate the management of water resources.*

*Key-words: aquifer; Cretaceous; Guadiana river; Jurassic; piezometric level*

### ABRIDGED ENGLISH VERSION

#### **Introduction and methods**

*The groundwater bodies "MASb" (041.001) of the Sierra de Altomira and (041.005) Rus-Valdelobos are located in the west of the Iberian Range and the northern plains of La Mancha. These MASBs influence the total water resources of the Guadiana river upper basin, and they have a great importance in water planning. This paper proposes a new hydrogeological zoning, called the Jurassic aquifer subsystem (JAS) and Cretaceous aquifer subsystem (CAS) to facilitate its management.*

*Its geological structure consists of three bands, oriented NW-SE. These bands are composed of Mesozoic carbonate rocks highly folded and faulted. Among them are depressions filled with Tertiary detrital deposits. Its southern contact with the aquifers of La Mancha is by EW faults (Figures 1, 2).*

*Some aquifer formations consist of 1 100 m thick Cretaceous and Jurassic limestone. On top of there are gypsum and marls of Cretaceous-Tertiary transit and detrital deposits and Tertiary gypsum and limestone outcrops of reduced thickness.*

The definition of subsystems was made using two criteria: 1) hydrogeological: structural and hydrogeological discontinuities although not permanent, and 2) accessibility and exploitation of aquifers: areas where groundwater drillings do not exceed a depth of 450 m. Carbonate aquifer formations located in the Tertiary depressions at great depth and are difficult to access and are not included in the subsystems.

The structure has a great influence on the hydrogeology. Marl layers, lithological or mechanical contacts, act as an impermeable base for the aquifers. The hydrodynamic flow is divided and disconnected by the anticlines and faults that individualize the blocks. This disconnection may be permanent or temporary.

## Results

The proposed method defines two sets of subsystem aquifers, JAS for Jurassic aquifers and CAS for Cretaceous formations.

### The Jurassic aquifer subsystem (JAS)

Their presence is higher in the west, north and central part as well as, in the south, in contact with La Mancha, in the Campo de Criptana and the Minaya Relief.

These Jurassic subsystem aquifers (JASs) are: the Saelices JAS, Sierra de Almenara JAS, Almonacid-San Clemente JAS, Cervera del Llano JAS, Los Hinojosos JAS, Hontanaya JAS, Relieves de Minaya JAS, Mota del Cuervo JAS, Pinarejo JAS, Vara de Rey JAS, and the Campo de Criptana JAS (Figure 3).

Hydrogeological investigation drillings and the piezometric network of the Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), grouped by JAS are shown in tables 1, 2.

Some JASs are heterogeneous among themselves. Transmissivities are highly variable, ranging from 5 to  $>10000$  m<sup>2</sup>/day (Vara del Rey JAS). This variability is associated with the abundance of fracturing and the location of hydrogeological boreholes in areas of preferential flow. The Simarro Community of irrigators (Vara del Rey JAS) extract around 900-1100 L/s (Martínez, 2005); in the Los Hinojosos JAS two drillings separated by 300 m, show differences in operating flow, 1,5 to 8 L/s (Martínez, 1996b).

A tentative scheme for hydrodynamic behavior defines the main directions of flow in some JASs, and hydraulic disconnection among several of them. This scheme has been made using piezometric data for a period of 15 years (1993-2008), with isolines of 25 m (Figure 3).

The primary circulation flow is into the south, towards MASb (041.006). There are also local circulations to the north (to the Cigüela river), to the west (to the Riansares river), to MASb (041.003) Lillo-Quintanar, to MASb (041.004) Consuegra-Villacañas and to the east (Júcar basin). The southernmost part, which corresponds to Minaya Relief JAS, has a circulation flow northwards.

The evolution of the piezometric level (Figure 4) for each JAS generally shows a slight decline, between 25-35 m, which is enhanced from the 1980's, interrupted by a wet period, coinciding with heavy rains in the winter of 1996/97, although it later decreases.

The hydrochemistry shows a compositional range due to lithology and anthropogenic factors, different for each JAS (Díaz and Martínez, 2009). Calcium bicarbonate waters predominate in the Saelices, Los Hinojosos and Hontanaya JASs; sulfated calcium waters dominate in the Almonacid-San Clemente, Cervera del Llano and Campo de Criptana JASs, and a mixture of previous facies occurs in the Sierra de Almenara, Pinarejo, Relief of Minaya and Vara del Rey JASs.

### The Cretaceous aquifer subsystem (CAS)

Outcrops in the central and eastern part are covered by marls and gypsum of Cretaceous-Tertiary transit. Cretaceous aquifer subsystems (CAS) are: the Uclés folds CAS, Sierra de la Coba CAS, Carrascosa del Campo CAS, Villares del Saz CAS, Montalbo CAS, Castillo de Garcimuñoz CAS, Mota del Cuervo folds CAS, Fuentelespino de Haro CAS, Carrascosa de Haro-Belmonte CAS, Alconchel de la Estrella Anticline CAS, El Hito CAS, Relief of Atalaya del Cañavate CAS, Pozoamargo CAS, and the Corredor de El Provencio CAS (Figure 5).

The hydrodynamic circulation is to the S, for the eastern and western aquifers, though in the N, locally, they drain to the Riansares, Bedija and Cigüela rivers (Figure 5). The recharge comes from infiltration of rainwater through outcrop surfaces, dripping tertiary materials and connection with detritic formations of the Depresión Intermedia and the Cretaceous aquifer of Serranía de Cuenca. The N and E of the CASs are completely disconnected, whilst for the S, there is a connection between the Belmonte-Carrascosa de Haro CAS, Pozoamargo CAS and the Corredor de El Provencio CAS.

Transmissivities are found in a wide range of 10-10000 m<sup>2</sup>/day, high transmissivity corresponding to pump tests in boreholes located in highly fractured zones. In the Corredor de El Provencio CAS, covered by tertiary materials, transmissivity is also high and variable, between 200-3100 m<sup>2</sup>/day (Martínez, 2002a).

*For a maximum period between 1977 and 2008, with selected a piezometer-control network (CHG-IGME) (Table 2) shows a decreasing trend in groundwater level, punctuated by small elevations associated with wet seasons (Figure 6).*

*The northern CAS shows smaller decreases, between 4-10 m, with a height of between 804-839 m and the CAS located near the south has larger decreases of between 0-24 m. The piezometry of the CAS situated N and E shows no significant decreases. Their behavior could be attributed to anthropogenic causes. The CAS located in the S behaves differently to those located to the N and may be connected together. Another fact to consider is the existence in different aquifers horizons of carbonated formations, with different piezometry, hydrochemistry and hydraulic parameters. This is because of existing lithological changes and the different degree of fracturing in rocks.*

*The study of piezometric tentative maps (Figures 3,5) shows, in the N and centre, different piezometric elevations between the CAS and the JAS. However, in the S, the CAS and JAS have a similar level with a possible connection of aquifers, which may be natural or anthropogenic.*

*Groundwaters may be calcium bicarbonate (Pliegues y Escamas de Uclés, Fuentelespino de Haro, and Castillo Garcimuñoz CAS), calcium sulfate (Carrascosa del Campo, Corredor de El Provencio, Montalbo, Sierra de la Coba, Villares del Saz CAS) and mixed facies (Mota del Cuervo and Pozoamargo CAS). The calcium sulfate facies dominate in the E and S, associated with the presence of gypsum in cretaceous-tertiary materials.*

*The connection between the JAS and CAS is non-existent in the north, with a piezometric difference of 28 m; however, to the south, the piezometric levels are very similar. Wells and boreholes that communicate both subsystems aquifers have favoured their connection.*

### **Conclusions**

*The complex structure of the geological formations of the Sierra de Altomira zone allows the creation of subsystem aquifers. These subsystems are associated with Jurassic carbonate formations (JAS) and Cretaceous formations (CAS). This provides a greater understanding of the hydrogeological system and facilitates better water management and water planning for the MASb.*

*These subsystems have different groundwater levels and hydraulic and hydrochemical parameters. This shows a lack of connection between many of them. The classical concept of a single aquifer for the Sierra de Altomira is doubtful. The Jurassic and Cretaceous formations are hydrogeologic disconnected to the N, but have connections to the S, where piezometric levels are very similar.*

*Within each subsystem, the carbonate formations, apparently massive aquifers, have different horizons, associated with areas of increased fracturing and karstification. They are independent of each other, with different piezometric levels and hydrochemistry.*

### **Objetivo**

Las Masas de Aguas Subterráneas, en adelante MASb, (041.001) Sierra de Altomira y (041.005) Rus-Valdelobos influyen en los recursos hídricos totales de la cuenca alta del Guadiana, y tienen gran importancia en su planificación hidrológica. Desde el punto de vista de una hidrogeología regional todavía se desconoce en profundidad la definición de su geometría, las interconexiones entre bloques y acuíferos y su funcionamiento hidrogeológico. Se propone una zonificación de estas MASb mediante la definición de subsistemas acuíferos denominados SAJ (subsistema acuífero jurásico) y SAC (subsistema acuífero cretácico) para facilitar su gestión. Éstos se definen de manera sencilla mediante el uso de poligonales, similares al concepto aplicado para las Unidades Hidrogeológicas (DGOH-IGME, 1988), figura jurídica establecida en el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica para facilitar la gestión administrativa de las aguas subterráneas. El trazado de estas poligonales está basado en la hidrogeología

y prima la facilidad de manejo. El trazado del polígono no implica que en el resto de las MASb no se encuentren formaciones acuíferas, sino que éstas pueden ser desconocidas o no son accesibles.

### **Metodología**

La definición de estos subsistemas se ha realizado mediante dos criterios: 1) Hidrogeológico: Existencia de discontinuidades estructurales e hidrogeológicas ocasionadas por pliegues y fallas que compartimentan a las formaciones acuíferas y definen divisorias hidrogeológicas, temporales y/o permanentes. 2) Accesibilidad y explotación de los acuíferos: Áreas en las que los sondeos de explotación de aguas subterráneas han alcanzando profundidades ordinarias para la zona, no superiores a 450 m. No se han considerado las formaciones carbonatadas mesozoicas a mayor profundidad que constituyen el zócalo de las depresiones rellenas de depósitos terciarios. De estas formaciones profundas, se desconocen sus

características hidrogeológicas y su grado de conexión hidráulica.

Los materiales mesozoicos se disponen en tres franjas (figura 1) encontrándose las formaciones acuíferas fracturadas y fuertemente plegadas, lo que impide tener una continuidad geológica espacial y provoca la desconexión hidráulica entre ellas. Por tanto, las MASb (041.001) y (041.005) constituyen un conjunto de acuíferos desconectados entre sí. Con estas premisas se han delimitado los diferentes subsistemas jurásicos y cretácicos.

Los datos hidrogeológicos empleados provienen de sondeos de investigación para abastecimiento urbano realizados dentro del Convenio Diputación de Cuenca/IGME. Los datos piezométricos, tras seleccionar los piezómetros más representativos, provienen de las redes de piezometría del IGME y de la Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG), para el periodo, no siempre completo, comprendido entre enero de 1977 a marzo de 2008. También se dispone de medidas puntuales. Los datos mensuales pluviométricos provienen de la estación 4059E de la AEMET.

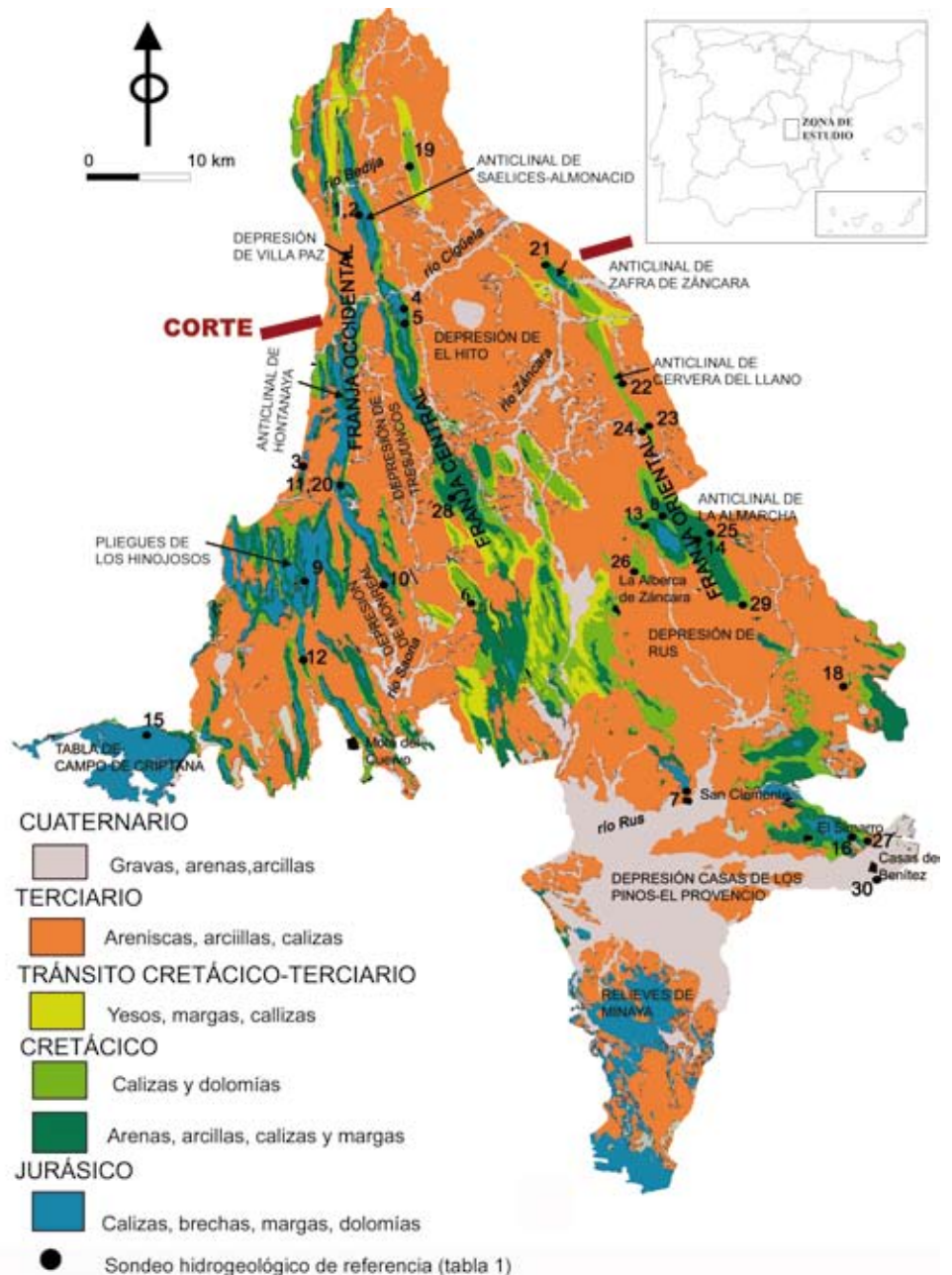


Figura 1. Mapa geológico simplificado.  
Figure 1. Simplified geological map.

## Marco geográfico y geológico

La MASb (041.001) ocupa una superficie de 2575 km<sup>2</sup>, y se extiende en un 90 % por la provincia de Cuenca; la MASb (041.005) se extiende en 1458 km<sup>2</sup>, entre Cuenca (78 %) y Albacete (22 %). En 2007 la población asentada asciende a 60500 habitantes, destacando los municipios de Alberca de Záncara, Mota del Cuervo y San Clemente. Pertenece a la cuenca del Guadiana y los principales cursos fluviales son el Riansares, Cigüela y Záncara (figura 1). La pluviometría media anual se encuentra entre 350-600 mm.

Estas MASb se sitúan en las estribaciones occidentales de la Cordillera Ibérica y las septentrionales de la Llanura Manchega. Al E limita con la Depresión Intermedia y al O y N con la Depresión del Tajo, con depósitos detríticos terciarios e importantes desarrollos carbonatados tabulares. Al S contacta con la Llanura Manchega. Están formadas por materiales mesozoicos (Lendínez, 1988, Díaz y Cabra, 1988b) recubiertos por depósitos detríticos y carbonatados del Terciario y depósitos asociados a los cursos fluviales del Cuaternario.

Los materiales jurásicos, de base a techo, se agrupan en tres tramos: *el inferior*, con 300 m de dolomías y brechas dolomíticas masivas a mal estratificadas, en ocasiones con yesos (Martínez y Alonso, 2009); *el tramo medio*, con 60-100 m de calizas, dolomías y margas individualizadas en la base, con un nivel calizo-dolomítico y otro superior margoso; y *el tramo superior*, con 20-30 m de calizas micríticas y 80 m de calizas micríticas, oolíticas y bioclásticas, que hacia techo evolucionan a dolomías; 200 m de calizas detríticas y dolomías con su máximo desarrollo al E, en la MASb (041.005).

Los depósitos cretácicos se agrupan en otros dos tramos: *el inferior*, 40 m de margas, calizas y arcillas sobre las que se sitúan 30-100 m de arenas cuarcíticas y lutitas versicolores; *el superior*, formado, de base a

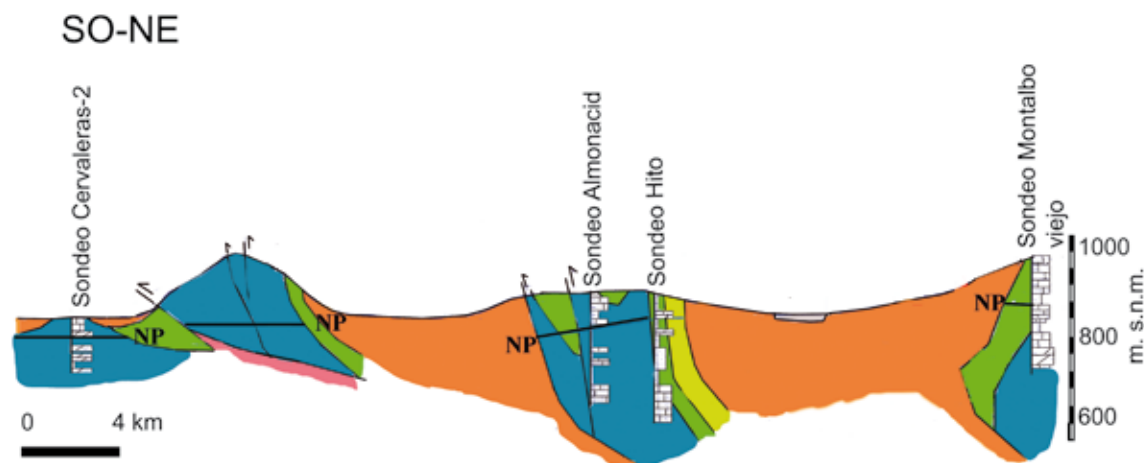
techo, por 15-80 m de margas(en la base), arenas, arcillas y dolomías; 30-35 m de dolomías y margas; 15-50 m de dolomías tableadas, más margosas hacia el río Cigüela, 15 m de margas con alguna intercalación dolomítica; 15-30 m de dolomías de espesores métricos, en ocasiones karstificadas; 10-30 m de margas grises a amarillentas, con niveles dolomíticos intercalados; 30-75 m de calizas brechoideas.

El tránsito Cretácico-Terciario está compuesto por 120-250 m de calizas, margas y yesos, predominando calizas y yesos en la base y evolucionando a margas yesíferas a techo.

Los depósitos terciarios recubren discordantemente a los anteriores. Adquieren gran espesor y desarrollo en las depresiones situadas entre los relieves mesozoicos así como entre sus pliegues. Se distinguen, de base a techo, tres unidades de naturaleza detrítica, constituida por lutitas, areniscas, arcillas yesíferas y yesos (Unidades Paleógena inferior, Paleógeno-Neógena, Neógena), con un espesor entre 900-1.600 m, culminándose con la Unidad Pliocena, que presenta un tramo más carbonatado de 40-75 m.

Los depósitos cuaternarios, arenas y gravas, son, en general, de escaso espesor, aunque en los depósitos asociados a los ríos Cigüela y Záncara alcanzan espesores de hasta 36 m (Díaz y Martínez, 2009).

La estructura a "grosso modo" es de tres franjas de orientación NO-SE, dispuestas de E a O, con vergencia al O, cabalgando entre sí cuando contactan y formadas por los materiales mesozoicos, plegados y cabalgados, separados por depresiones rellenas de materiales terciarios. En su extremo septentrional se estrechan y unen, mientras que al S tienden a hundirse, hasta contactar mecánicamente con la Llanura Manchega a causa de fracturas orientadas E-O (figura 2). Esta disposición define las unidades estructurales. De todas ellas (figura 1) destacan las depresiones *de Villa Paz* (200 m de espesor), *de El Hito* (800 m), *de Rus*



**Figura 2.** Corte geológico SO-NE. La leyenda es la misma de la figura 1. La línea negra indica el nivel piezométrico de las formaciones jurásicas.

**Figure 2.** Geologic profile with SW-NE orientation. Legend see figure 1. Black line indicates the groundwater level in the Jurassic formations.

(150 m), de *Casas de los Pinos-El Provencio* (200 m), de *Monreal* (300 m) y de *Tresjuncos* (350 m). Los pliegues son vergentes al O; los anticlinales alcanzan longitudes de hasta 50 km, con el flanco oriental suave, mientras que el occidental está verticalizado e incluso invertido; destacan el *Anticlinal de Zafra de Záncara*, el de *Cervera del Llano*, de dirección N-S, próximo al anterior y separado por una fractura; el de *La Almarcha*, situado al S del anterior y desplazado hacia el O a causa de una posible falla de dirección E-O, lo que desconecta ambas estructuras y sus acuíferos, y el de *Hontanaya*, en la franja occidental, estrecho conjunto de anticlinales y escamas dispuestos de N-S. Otras estructuras destacables son los relieves de Minaya, al S, formados por materiales jurásicos fracturados y plegados; la *Tabla de Campo de Criptana*, situada en el extremo más SO; y los *Pliegues de Los Hinojosos*, sucesión de pliegues y cabalgamiento vergentes hacia el O y que afectan a materiales jurásicos, limitados a N y S por fallas de dirección E-O, que individualizan toda la MASb.

### Marco hidrogeológico

El sistema acuífero de Sierra de Altomira (Navarro *et al.*, 1989; IGME-JCCLM, 1985; García, 1995) ha sido dividido en la actualidad en las MASb (041.001) Sierra de Altomira y MASb (041.005) Rus-Valdelobos, en la Cuenca del Guadiana y (030.014) Entrepeñas en la cuenca del Tajo (figura 1).

Como formaciones acuíferas se consideran, de base a techo, los *carbonatos jurásicos* con diferentes horizontes acuíferos, algunos de interés más local y con *calidades químicas distintas*; los *detríticos cretácicos* (Facies Weald y Utrillas), de escaso espesor y poco afloramiento, de interés local; los *carbonatos cretácicos*, que al estar más próximos a la superficie son los más intensamente explotados; los *calizo-yesíferos del tránsito Cretácico-Terciario*, de aguas muy mineralizadas, gran potencial y poco estudiados; los *detríticos terciarios* de tipo multicapa, con horizontes arenosos y conglomeráticos, alternantes con arcillas, y cambios laterales de facies hacia litologías más evaporíticas, poco conocidos y de gran potencial; y los *carbonatos terciarios*, en forma de pequeños retazos al N y con una mayor extensión al S, aunque de poco espesor y próximos a la superficie, siendo muy vulnerables a las afecciones, tanto de cantidad como de calidad de las aguas. Las formaciones objeto de estudio son los carbonatos jurásicos y cretácicos, que alcanzan una potencia superior a 1 100 m, cuyo régimen puede ser libre a semiconfinado o confinado en profundidad.

La estructura tiene una gran importancia en el funcionamiento hidrogeológico. Los niveles margosos favorecen el despegue de las escamas y cabalgamientos, funcionando como horizontes impermeables de base que individualizan acuíferos. Los pliegues anticlinales, sinclinales y cabalgamientos funcionan como divisoria, temporal o permanente, del flujo subterráneo. Las fallas individualizan bloques y delimitan las depresiones terciarias entre las tres franjas (figura 2).

### Acuíferos asociados a formaciones carbonatadas jurásicas

Con una superficie aflorante inferior a 300 km<sup>2</sup> (5 % del total), predominan en la franja occidental, al N de la franja central y al S en el Campo de Criptana, en el contacto con la Llanura Manchega y en los Relieves de Minaya. Respecto a los tramos definidos en el apartado de Geología, se consideran acuíferos a los tramos inferior y superior, funcionando el medio como semiconfinante, que permite la recarga del inferior y su conexión con el superior. Los espesores máximos reconocidos para el tramo superior e inferior son, respectivamente, de 300 y 160 m (tabla 1).

La circulación del flujo, gracias a la porosidad por fracturación y disolución, se concentra en franjas irregulares horizontales que corresponden a zonas más porosas dentro de las formaciones carbonatadas, a causa de una mayor fracturación, y distintos grados de dolomitización o variaciones litológicas que individualizan horizontes acuíferos en la misma litología, con una conexión en vertical más reducida, asociable a las fracturas.

El conjunto de subunidades acuíferas locales se denominan Subsistemas Acuíferos Jurásicos (SAJ). Sus principales características hidrogeológicas se recogen en la tabla 1.

El estudio de los sondeos hidrogeológicos de referencia y de los datos hidrogeológicos (tabla 1) evidencia que los SAJ son heterogéneos entre sí. Las transmisividades son muy variables, oscilando entre 5 m<sup>2</sup>/día y >10 000 m<sup>2</sup>/día (SAJ Vara de Rey). Esta variabilidad está asociada a la abundancia de fracturación y a la ubicación de los sondeos en las zonas de circulación preferencial; igual ocurre con los caudales de explotación; en la Comunidad de regantes de El Simarro (SAJ Vara de Rey) extraen en torno a 900-1 100 L/s de seis captaciones (Martínez, 2005a); en el SAJ Los Hinojosos, dos sondeos separados por 300 m, presentan diferencias de caudal de explotación, de 1.5 a 8 L/s, al existir variaciones en la densidad de fracturas y presencia de arcillas en las mismas (Martínez, 1996b).

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
<b>SAJ</b>											
Saelices	S	38	8-110		1-Saelices-1	300	300	837	Bi-Ca	536	33
Sierra de Almenara	SI	110	5000	30	2-Saelices-2	300	300	908	Su-Ca	1550	16
					3-Cervaleras-2	153	153	740	Mixta	820	12
Almonacid-San Clemente	SI	555	5-2000	3-40	4-Hito	340	340	805			
					5-Almonacid	300	300	764	Su-Ca	1022	40
Cervera del Llano	S	41	100	60	6-Belmonte	175	175	804			
					7-San Clemente	234	234	662			
Los Hinojosos	SI	145	10-30	2-8	21 (a)-Montalbo nuevo	300	60	858	Su-Ca	3644	15
					9-Hinojosos-2	230	230	703			
Hontanaya	SI	58	300	10	10-Monreal	193	193	709	Bi-Ca	586	24
Mota del Cuervo	S	237	300-500	18-85	11-Hontanaya-2	250	250	706	Bi-Ca	688	14
					12-Mota-1	201	201	635	Mixta	1132	29
Pinarejo	S	90	100	6	8-Hinojosa-4	350	110	816	Bi-Ca	580	26
					13-Pinarejo	250	100	719	Mixta	585	18
Campo de Criptana	I	75	10000	8	14-Castillo-2	250	250	746	Su-Ca	3374	2
					15-Patagorda	160	160	640	Su-Ca	1126	38
Relieves de Minaya	I	244	200-1100						Mixta	1112	174
Vara de Rey	SI	337	144000	8-150	16-Simarro	311	36	640	Mixta	879	44
<b>SAC</b>											
Plegues y escamas de Uclés	M	39		2-7	17-2225-1-0014	130		786	Bi-Ca	935	19
El Hito	M	26									
Relieves de Atalaya del Cañavate	M	230	200-1100		18-Atalaya Cañavate	272	120	749			
Carrascosa del Campo	M	8		9-20	19-Carrascosa-2	208	208	850	Su-Ca	1274	10
Sierra de la Coba	M	46	200-6000	9	20-Hontanaya-1	116	116	720	Su-Ca	1192	35
					21 (b)-Montalbo viejo	174	174	860	Su-Ca	1208	16
Montalbo	M	13	3700	20	22-Villares-2	137		798			
					23-Cervera-2	254	164	838	Su-Ca	2529	23
Villares del Saz	M	27	1000-1100	15-20	24-Cervera-3	164		826			
					25-Castillo-1	92	139	827	Bi-Ca	493	10
Castillo de Garcimuñoz	M	100-440	8		26-Encina-1			762			
Plegues de Mota del Cuervo	M	475	4000-9800	3-83					Mixta	1444	29
					27-Pozoamargo	166	160	642	Mixta	836	48
Pozoamargo	M	54	100-200	10-20	28-Fuentelespino-1	146	100	832	Bi-Ca	486	22
Fuentelespino de Haro	M	16	200						Bi-Ca	500	29
Carrascosa de Haro-Belmonte	M	451	10-1000	20	29-Honrubia	163	160	739	Mixta	780	29
Corredor de El Provencio	M	325	200-3100		30-Casas Benitez	250	196	642	Su-Ca	1315	39
Anticlin. de Alconchel de la Estrella	M	43									

**Table 1.** Subistemas acuíferos jurásicos (SAJ) y cretácicos (SAC). (1) Denominación del subsistema acuífero; (2) Tipo de tramo litológico: S-superior, I-inferior; (3) Superficie en km<sup>2</sup>; (4) Transmisividad en m<sup>2</sup>/día; (5) Caudal de explotación en L/s; (6) Sondeo hidrogeológico de referencia y nº correspondiente a la figura 1; (7) profundidad en m; (8) Espesor máximo reconocido (m); (9) Cota piezométrica en m s.n.m.; (10) Facies hidroquímica predominante (Su-Ca sulfatada cálcica, Bi-Ca bicarbonatada cálcica); (11) Conductividad eléctrica (CE) media en µS/cm y nº de determinaciones en paréntesis; (12) Contenido medio en nitratos en mg/L.

**Table 1.** *Jurassic aquifer subsystems.* (1) Name of lithologic section; (2) Type of lithologic section; (3) Surface in km<sup>2</sup>; (4) Transmissivity in m<sup>2</sup>/d; (5) Yield in L/s; (6) Hydrogeological drill of reference and number in figure 1; (7) Depth in meters; (8) Maximum thickness; (9) Piezometric height in m asl; (10) Hydrochemical facies predominant (Su-Ca sulfated calcium, Bi-Ca calcium bicarbonate); (11) Average electric conductivity (EC) (µS/cm) and quantity of determinations in parentheses; (12) Average content of nitrate (mg/L).

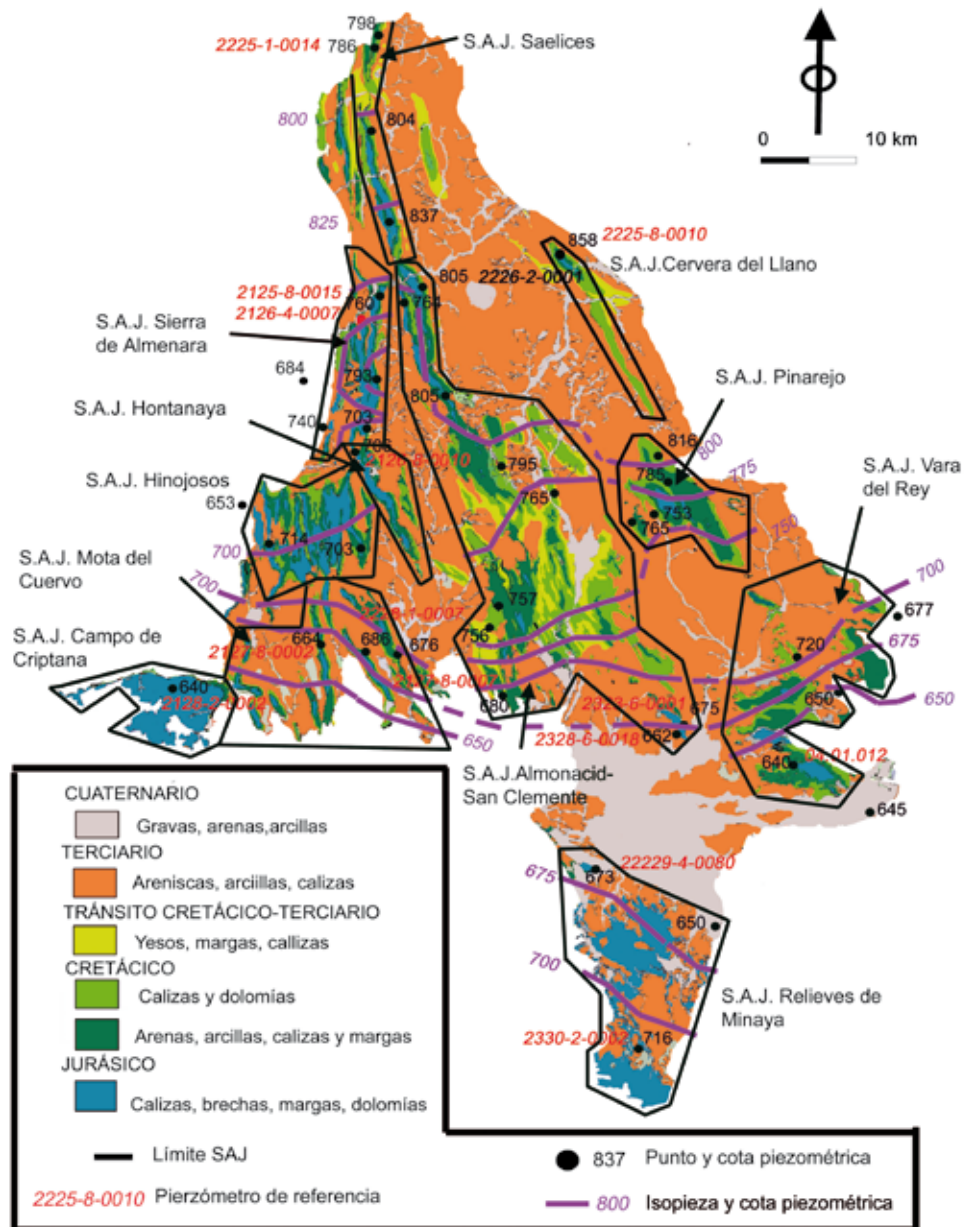
En el SAJ Mota del Cuervo se ha observado que los acuíferos captados en zonas con menos pliegues, son más transmisivos, mientras que en las zonas de pliegues, las transmisividades son bajas, inferiores a 300 m<sup>2</sup>/día.

Las formaciones carbonatadas, en general, se encuentran muy fisuradas y karstificadas (Sondeo Almonacid del Marquesado, SAJ Almonacid-San Clemente); en los sondeos Pinarejo y Castillo-2 (SAJ Pinarejo) se atravesaron cavidades hemimétricas a métricas (Alonso y Martínez, 2007) y se identificaron cavidades entre 48-100 m de profundidad en SAJ Sierra de Almenara.

Las formaciones acuíferas jurásicas, aparentemente homogéneas en espesor, pueden tener horizontes acuí-

feros más fracturados y de mayor permeabilidad horizontal que favorezcan funcionamientos hidrogeológicos individualizados. En SAJ Saelices, entre los sondeos Saelices 1 y 2, separados 200 m, se produce una diferencia de cota piezométrica de 75 m, ello se debe a que Saelices-2 afectó distintos horizontes acuíferos fracturados, pero dentro de la misma litología (Martínez, 2004a).

En los SAJ se definen distintas direcciones de flujo: en SAJ Almonacid-San Clemente la circulación del flujo se dirige al S, hacia el nacimiento del río Saona y hacia los ríos Záncara y Rus, aunque al N se define un flujo menor que circula hacia el río Cigüela, donde el sistema descarga 225 L/s (diciembre de 2008) a través de las calizas del tramo superior.



**Figura 3.** Subsistemas Acuíferos Jurásicos (SAJ), piezómetros y esquema piezométrico tentativo.

**Figure 3.** Jurassic Aquifer Subsystems (JAS), piezometers and piezometric tentative scheme.



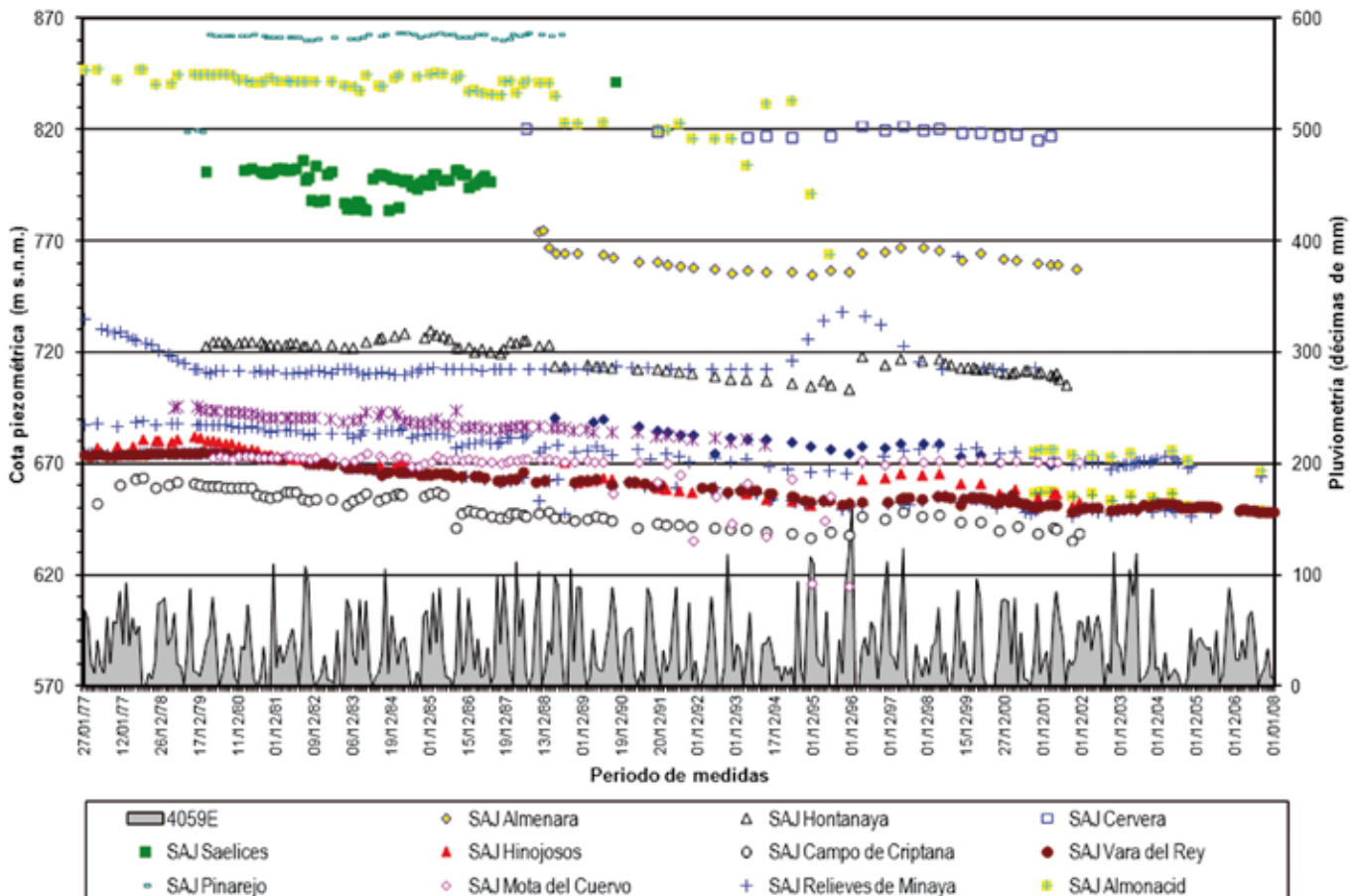
Los SAJ Campo de Criptana y Relieves de Minaya son peculiares respecto al resto. El primer caso presenta una estructura tabular, mientras que el segundo está separado geológicamente del resto de las MASb por el SAJ Corredor de El Provencio.

La evolución de la piezometría se ha tratado anteriormente sin segregar las formaciones acuíferas jurásicas y cretácicas (IGME-JCCM, 1985) con excepción de García (1995). En la figura 3 se muestra un esquema de funcionamiento hidrodinámico tentativo, para establecer las principales direcciones de flujo en los SAJ, empleando datos procedentes de un periodo de 15 años (1993-2008). Las isopiezas se han representado con un intervalo de 25 m, ya que la variación de la cota piezométrica observada para ese periodo de tiempo no supera los 15 m. A partir de esta interpretación, se advierte la existencia de una conexión entre los SAJ Sierra de Almenara y Hontanaya y entre los SAJ Hinojosos, Mota del Cuervo y Campo de Criptana (640-653 m s.n.m.). En su extremo oriental, están conectados los SAJ Almonacid-

San Clemente con Pinarejo y Vara del Rey. Las cotas piezométricas de los SAJ Saelices, SAJ Cervera del Llano son más elevadas (786-858 m s.n.m.) que el resto.

La circulación preferencial del flujo es hacia el S, hacia la MASb (080.129) Mancha Oriental, no obstante, hay circulaciones locales hacia el N, al Cigüela, hacia el O, al río Riansares, a la MASb (041.003) Lillo-Quintanar y a la MASb (041.004) Consuegra-Villacañas, así como al E, a la Cuenca del Júcar. La circulación en los diferentes SAJ evidencia desconexiones en las áreas centrales y occidentales. La parte más meridional (SAJ Relieves de Minaya) presenta circulación de flujo hacia el N.

La evolución del nivel piezométrico (figura 4) para cada SAJ muestra, en general, un descenso de 25 a 35 m, que se acentúa a partir de la década de 1980, interrumpido por periodos húmedos como el coincidente con fuertes lluvias a finales de 1996. El efecto de la precipitación intensa es inmediato, así en diciembre de 1996 los ascensos fueron de 3 a 15 m en los SAJ septentrionales y de hasta 10 m en los SAJ meridionales.



**Figura 4.** Piezómetros distribuidos en los SAJ definidos para este estudio, con su cota piezométrica. Para la representación de la lluvia se han tomado los datos procedentes de la estación pluviométrica 4059E de Villamayor de Santiago. (Fuente AEMET).

**Figure 4.** Piezometers distributed in SAJ defined for this study, with piezometric elevation. Rainfall data from 4059E Villamayor de Santiago station. (Source AEMET).

Los SAJ situados al N (SAJ Saelices, Cervera del Llano, Pinarejo) muestran suaves descensos en el periodo estudiado (3-4 m) o incluso leves ascensos. Al O, los SAJ Sierra de Almenara y Hontanaya muestran mayores descensos, entre 15-20 m. Sus cotas difieren, mostrando una desconexión hidráulica. En el SAJ Sierra de Almenara, a su vez, los piezómetros presentan diferencias de cota de hasta 80 m, evidenciado distintos horizontes acuíferos.

En la zona central, el SAJ Almonacid-San Clemente, el más extenso, presenta al N una cota piezométrica entre 800-850 m s.n.m. mientras que hacia el S desciende a 650-680 m s.n.m. Esta diferencia de cota muestra la desconexión de los acuíferos jurásicos. En

San Clemente, los dos piezómetros (2328-6-0001 y 6-0018) tienen una diferencia de profundidad de 100 m, captando distintos horizontes acuíferos en la misma formación jurásica, por lo que presentan diferente cota piezométrica, siendo más elevada, entre 25-30 m, en el más profundo, al encontrarse confinado (figura 4).

Los SAJ meridionales (SAJ Vara de Rey, Mota del Cuervo, Campo de Criptana, Relieves de Minaya) presentan, en general, cotas entre 630-690 m s.n.m., similares a las de los SAC y descensos entre 13-27 m. No obstante, existen piezómetros con diferentes cotas piezométricas (SAJ Mota del Cuervo, Relieves de Minaya) que captan horizontes acuíferos locales y desconectados de los propios de los SAJ (tabla 2).

SAJ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Saelices	2225-1-0014	130	2/80-7/87	784-807	-4.50
Sierra de Almenara	2125-8-0015	164	10/88-1/02	755-775	-15.76
	2126-4-0007	150	3/89-2/02	670-691	-20.67
Almonacid-San Clemente	2226-2-0001	300	5/78-5/96	764-848	-84.5
	2228-1-0007	234	5/79-5/01	662-681	-11.89
	2328-6-0018	192	9/01-3/08	667-687	-8.68
	2328-6-0001	93	8/01-3/08	649-658	-7.28
Cervera del Llano	2225-8-0010	185	3/94-2/02	815-822	-3.14
Los Hinojosos	2127-3-0002	150	4/77-11/02	651-685	-24.56
Hontanaya	2126-8-0010	170	2/80-1/02	704-730	-17.47
Mota del Cuervo	2127-8-0002	136	4/80-11/02	615-675	-8.77
	2127-8-0007	130	4/79-9/94	679-697	-17.08
Pinarejo	2327-2-0018	150	2/80-4/89	861-864	1.45
Campo de Criptana	2128-2-0002	321	4/77-11/02	636-664	-13.62
Relieves de Minaya	2229-4-0080	195	1/77-9/07	648-689	-22.69
	2329-7-0017	210	1/77-4/06	647-678	-26.12
	2330-2-0002	134	1/77-9/01	710-763	-22.29
Vara de Rey	04.01.012	250	10/76-1/08	648-675	-25.26
<b>SAC</b>					
Montalbo	2225-8-0004	70.5	3/79-2/92	822-839	-5.03
Villares del Saz	2226-4-0007	120	3/79-5/96	831-839	-4.12
Castillo de Garcimuñoz	2327-2-0019	194	1/82-10/01	766-832	-32.09
Pliegues de Mota del Cuervo	2127-8-0002	136	4/80-11/02	615-675	-2.43
	2128-3-0006	290	1/74-11/02	643-677	-21.24
	Cu-4	122	1/97-10/07	658-676	-2.27
Fuentelespino de Haro	2226-7-0019	110	1/85-2/02	804-829	9.55
Carrasposa de Haro-Belmonte	2227-7-0002	66	2/74-5/88	792-797	-1.42
	2228-2-0018	150	9/89-1/08	664-681	-6.23
	2228-3-0001	259	7/74-1/08	672-694	-18.83
	04.01.007	206	1/02-1/06	805-809	0.91
	04.01.008	100	11/00-1/07	761-764	-0.14
Corredor de El Provencio	2228-8-0011	150	4/75-1/08	667-691	-23.14
	2228-8-0012	285	4/89-5/05	669-681	-4.8

**Tabla 2.** Piezómetros de referencia de los SAJ y SAC (1) denominación; (2) Profundidad en m; (3) Periodo de medidas en mes/año; (4) Horquilla de cotas piezométricas en m s.n.m.; (5) Diferencia entre la primera y última medida registrada en m.

**Table 2.** SAJ and SAC piezometers. (1) Name, (2) Depth in m (3) Period measured in month / year (4) Maximum and minimum piezometric levels (5) Difference between the first and last measured in m.

La hidroquímica muestra una variedad composicional debida a factores litológicos y antrópicos, distinta para cada SAJ (Díaz y Martínez, 2009). Predominan las aguas bicarbonatadas cálcicas en los SAJ Saelices, Los Hinojosos y Hontanaya; las aguas sulfatadas cálcicas predominan en los SAJ Almonacid-San Clemente, Cervera del Llano y Campo de Criptana, y una mezcla de las facies anteriores se da en los SAJ Sierra de Almenara, Pinarejo, Relieves de Minaya y Vara de Rey. Ello se refleja en el registro variado de la CE (tabla 1). Los contenidos en nitratos son superiores a 10 mg/L, alcanzando hasta 174 mg/L de media en zonas de fuerte incidencia antrópica como SAJ Relieves de Minaya. La existencia de horizontes acuíferos pobremente conectados, en una formación litológica carbonatada aparentemente homogénea, se evidencia con variaciones notables en la composición química. Así, en profundidad, en un mismo SAJ se produce la presencia de facies bicarbo-

natada cálcica y de agua muy mineralizada, rica en sulfatos, en la misma formación acuífera (SAJ Saelices, Cervera del Llano y Pinarejo) (Alonso y Martínez, 2007); también se ha observado distinta concentración en nitratos en la, aparentemente, misma formación acuífera (SAJ Saelices) (Martínez, 2004a).

#### Acuíferos asociados a formaciones carbonatadas cretácicas

Las formaciones cretácicas acuíferas corresponden al tramo superior, de litología carbonatada predominante, y están situados principalmente en la parte central y oriental, donde se encuentran aflorantes o cubiertos por los materiales yesíferos del tránsito Cretácico-Terciario.

Al igual que en el caso de las formaciones acuíferas jurásicas, se definen diversos subsistemas acuíferos cretácicos (SAC), (figura 5, tabla 1). Las transmisivi-

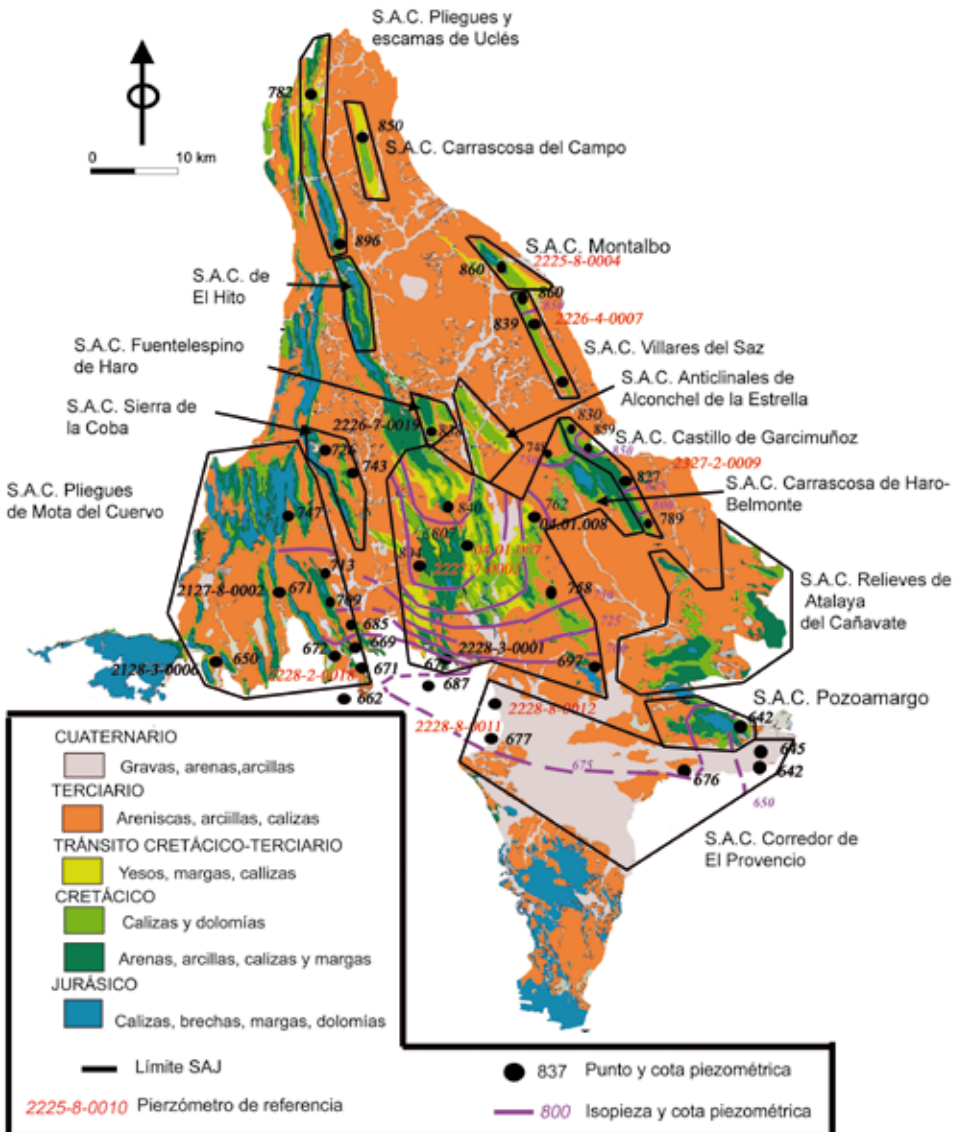


Figura 5. Subsistemas Acuíferos Cretácicos (SAC), piezómetros y esquema piezométrico tentativo. **Figure 5.** Cretacic Aquifer Subsystems (CAS), piezometers and piezometric tentative scheme.

dades se encuentran en un intervalo amplio, de 10-10000 m<sup>2</sup>/día, correspondiendo las más altas a ensayos realizados en captaciones situadas en zonas muy fracturadas. En el SAC Corredor de El Provencio, cubierto por materiales terciarios, la transmisividad es elevada y variable, en Casas de Benítez de 200 m<sup>2</sup>/día, en Casas de los Pinos de 300 m<sup>2</sup>/día y en El Provencio, al O del SAC, de 3100 m<sup>2</sup>/día (Martínez, 2002a). Los caudales de explotación se encuentran entre 2-83 L/s.

Las zonas de pliegues y cabalgamientos presentan una mayor compartimentación, definiéndose niveles acuíferos locales, con manantiales como drenaje principal (Fuencaliente en el SAC Escamas y Pliegues de Uclés). Similar comportamiento sucede en las zonas fuertemente plegadas y con desventramiento de anticlinales (SAJ Pliegues de Mota del Cuervo).

El tramo cretácico superior se encuentra más fracturado y karstificado, en ocasiones presenta cavidades rellenas de arcillas (SAC Castillo de Garcimuñoz). Esta fracturación en profundidad puede concentrarse en horizontes métricos (SAC Carrascosa de Haro-Belmonte, SAC Pozoamargo). El tramo inferior corresponde a formaciones carbonatadas con mayor presencia de margas (SAC Atalaya del Cañavate).

De los SAC Anticlinales de Alconchel de la Estrella y SAC El Hito no se dispone de información hidrogeológica pero son áreas que se investigarán en el futuro debido a su interés potencial.

La recarga de estos acuíferos proviene de la infiltración de la lluvia, de las formaciones terciarias suprayacentes (SAC Carrascosa del Campo), de los materiales del tránsito Cretácico-Terciario (SAC Villares del Saz) (Martínez, 2006), de la conexión al E con los materiales detríticos de la Depresión Intermedia y con el acuífero cretácico de la Serranía de Cuenca.

El funcionamiento hidrodinámico de los SAC muestra, en general, una circulación hacia el S, en conexión con las Masb. (080.129) Mancha Oriental y (041.006) Mancha Occidental II, aunque los SAC de la zona septentrional, drenan hacia los cursos de agua superficiales (Riansares, Bedija y Cigüela) y están desconectados del resto (figura 5).

La relación con los ríos, como drenaje de los acuíferos, es importante. Se establecen como tramos ganadores los correspondientes a las intersecciones de los ríos Riánsares, Cigüela, Saona y Záncara con los materiales mesozoicos. En la campaña de aforos realizada en diciembre de 2008 se determinó un drenaje aproximado de 4 L/s, 225 L/s, 29 L/s y 70 L/s respectivamente (Díaz y Martínez, 2009). El estudio de los piezómetros representativos de cada SAC evidencia la desconexión hidráulica entre algunos de ellos. Asimismo, el estudio de la evolución piezométrica de cada uno de los piezómetros, evidencia las distintas

cotas piezométricas entre algunas SAC y la posible conexión hidráulica entre otras. En general, para el periodo máximo entre los años 1977 a 2008, se observa una tendencia decreciente del nivel piezométrico, jalonado por ascensos asociados a fuertes periodos lluviosos, siendo el más significativo el de diciembre de 1996.

Los SAC septentrionales (SAC Montalbo, Villares del Saz, Fuentelespino de Haro) muestran menores descensos acumulados en el periodo estudiado, entre 4-10 m y cota piezométrica entre 804-839 m s.n.m. El comportamiento del nivel piezométrico sí parece errático y condicionado por la explotación de estas formaciones, acentuándose más a partir de 1990, algo que no ocurre con los acuíferos meridionales, quizá por su mayor superficie de recarga.

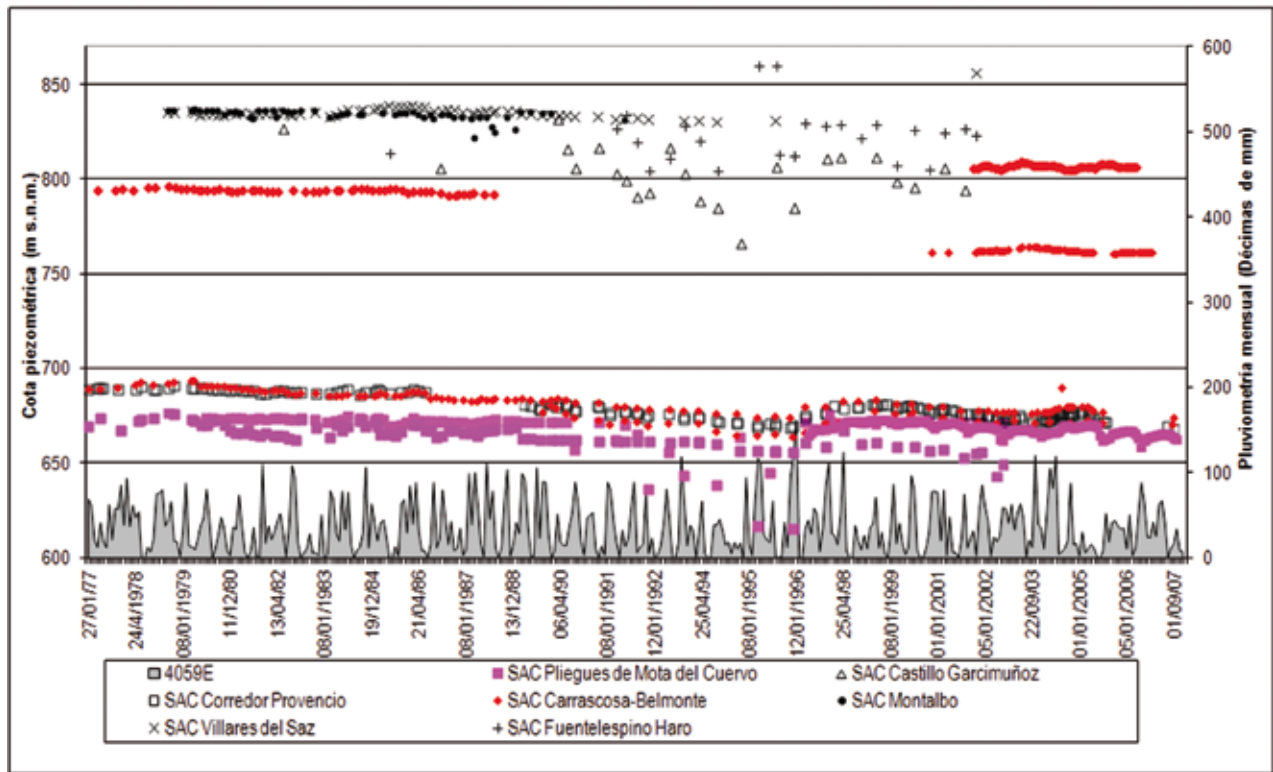
Los carbonatos cretácicos responden rápidamente a las lluvias, con ascensos en un mes y posteriores descensos; así el SAC Castillo de Garcimuñoz muestra un incremento de 40 m tras las lluvias de diciembre de 1995; igual que para las del invierno de 1996, con un ascenso de 25 m.

En su evolución se observan pequeños descensos anuales estacionales, de orden métrico (SAC Montalbo), pero también ascensos y descensos sin relación con la precipitación y cuyas causas pueden ser antrópicas como se observa en el SAC Fuentelespino de Haro, con descensos y ascensos de 16 m atribuibles a esta causa y en el SAC Pliegues de Mota del Cuervo, donde se advierten comportamientos anómalos e irregulares (figura 6).

Los SAC sin piezómetros pero con sondeos de explotación (SAC Carrascosa, Pliegues Escamas de Uclés) presentan cotas de 850 y 800 m s.n.m. (tabla 1), respectivamente. Los SAC situados hacia el S (SAC Pliegues de Mota del Cuervo, Carrascosa de Haro-Belmonte, Corredor de El Provencio) presentan mayores descensos de nivel piezométrico, entre 2-21 m, 0-19 m y 4-23 m, respectivamente.

Los SAC situados al S presentan distinto comportamiento que los septentrionales, con tendencia al descenso y cotas piezométricas similares, lo que pueden indicar su conexión hidráulica.

El SAC Carrascosa de Haro-Belmonte presenta un comportamiento muy similar al SAC Corredor del Provencio, con una posible conexión hidrológica. En los piezómetros situados al S (2228-2-0018 y 2228-3-0001) se produce, en el periodo estudiado, una tendencia al descenso, jalonada con oscilaciones de 3 m entre estaciones húmedas y secas y fuertes y bruscos incrementos asociados a periodos lluviosos. Sin embargo, los piezómetros situados al N (2227-7-0002, 0401007 y 0401008) muestran menores descensos durante el periodo estudiado, de 0 a 2 m, e incluso un ascenso



**Figura 6.** Piezómetros distribuidos en los SAC definidos para este estudio, con su cota piezométrica. Para la representación de la lluvia se han tomado los datos procedentes de la estación pluviométrica 4059E de Villamayor de Santiago. (Fuente AEMET).

**Figure 6.** Piezometers distributed in SAC defined for this study, with piezometric elevation. Rainfall data from 4059E Villamayor de Santiago station. (Source AEMET).

en el 0401007, lo que evidenciaría una desconexión entre las formaciones acuíferas del SAC Carrascosa de Haro-Belmonte. La diferencia de cotas piezométricas entre el sector meridional (664-694 m s.n.m.) y el septentrional (761-809 m s.n.m.) corrobora dicha interpretación.

En el SAC Corredor del Provencio la respuesta a las lluvias también es rápida, en torno a 1-2 meses, aunque más mitigada que en los no confinados, lo que se refleja en el ascenso de 5 m tras las lluvias de diciembre de 1996 (figura 6).

Hidroquímicamente, las aguas son bicarbonatadas cálcicas (SAC de Pliegues y Escamas de Uclés, Fuentelespino de Haro y Castillo Garcimuñoz), sulfatadas cálcicas (SAC Carrascosa del Campo, Montalbo, Villares del Saz, Sierra Coba y Corredor de El Provencio) y con facies de mezcla (SAC Mota del Cuervo y Pozomargo). Las facies sulfatadas cálcicas predominan al E y al S, asociadas a la presencia de los materiales calizo-yesíferos del tránsito Cretácico-Terciario a través de los cuales pueden recibir recarga los SAC orientales, mientras que al S la influencia es de los depósitos terciarios, principalmente en el Corredor de El Provencio.

Otro hecho a señalar es la existencia, dentro del conjunto de formaciones carbonatadas, de distintos

niveles acuíferos, evidencia de diferentes litologías y grados de fracturación, que presentan diferencias en la cota piezométrica y en la hidroquímica. Un ejemplo de ello se advierte en el sondeo Honrubia-2, donde se atravesaron distintos niveles acuíferos a diferentes profundidades y conductividades: a 67 m (caudal estimado de 0.25 L/s, 1.150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), a los 78-80 m (1 L/s; 723  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 90-92 m (1-2 L/s, 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 105-108 m (3 L/s, 640  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 126-128 m (6 L/s, 575  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), 138-140 m (10 L/s, 566  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y a partir de 142 m (> 20 L/s, 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Martínez, 2000b).

### **Conexión entre los acuíferos carbonatados cretácicos y jurásicos**

Las figuras 3 y 5 evidencian una diferencia de las cotas piezométricas de los SAJ y SAC entre las zonas meridional, central y septentrional. La cota piezométrica de los SAJ es más alta al N, aunque hacia el S adquiere una cota similar, por una posible conexión entre los acuíferos. En detalle, esta conexión entre acuíferos se ha estudiado comparando la profundidad del nivel piezométrico (en adelante PNP) de sondeos que afectan por separado a formaciones acuíferas jurásicas y cretácicas y estén próximos entre sí. En el área

de la Montesina, en el centro de la MASb (041.001), la PNP de dos sondeos próximos que afectan a los acuíferos cretácico (SAC Castillo de Garcimuñoz) y jurásico (SAJ Almarcha) mostraban en agosto de 1994 una diferencia de 25 m y en mayo de 2010 de 28 m, situándose a mayor PNP en el SAJ. Igual se observa en Castillo de Garcimuñoz, en los mismos SAJ y SAC, con una diferencia en enero de 1996 de 22 m (Martínez, 1996a). Al O del área de estudio, en Los Hinojosos (SAJ Hinojosos, SAC Pliegues de Mota del Cuervo), los acuíferos muestran una diferencia de PNP en el SAJ de 44 m respecto al Cretácico (Martínez, 1996b, 2000a).

Al S, los acuíferos jurásicos y cretácicos presentan cotas piezométricas similares, en torno a 675 m s.n.m. Sin embargo, en mayo de 1974, en el entorno a Las Mesas (SAC Pliegues de Mota del Cuervo, SAJ Mota del Cuervo) sí existía una diferencia de cotas de 23 m, estando la cota piezométrica del SAJ por encima de la del SAC (Martínez, 2000a), lo que evidenciaría que esta conexión se ha producido conforme se incrementaba el número de captaciones que conectan ambos acuíferos.

Así, existe una clara desconexión entre SAC y SAJ en la zona central, si bien hacia el S se conectan debido a la proliferación de captaciones que explotan ambas formaciones, lo que favorece su conexión.

## Conclusiones

La compleja estructura geológica existente en la Sierra de Altomira compartimenta las formaciones acuíferas (carbonatos jurásicos y cretácicos). Ello permite zonificar las MASb (040.001) y (040.005) en distintos subsistemas acuíferos, tanto los asociados a las formaciones carbonatadas jurásicas (SAJ) como a las cretácicas (SAC). Esta zonificación permite una mayor comprensión del funcionamiento hidrogeológico y facilita una mejor gestión hidráulica y planificación hidrológica de las MASb.

Dichos subsistemas presentan, entre sí, diferentes cotas piezométricas, parámetros hidráulicos e hidroquímicos, lo que evidencia una desconexión hidráulica entre muchos de ellos. El clásico concepto de acuífero único en Sierra de Altomira se debía a no disponer de suficiente información hidrogeológica detallada de los acuíferos y a un análisis local de dicha información.

Dentro de cada subsistema, las formaciones carbonatadas, aparentemente masivas, no funcionan como un acuífero uniforme, mostrando, en piezometría e hidroquímica, la existencia de diversos horizontes de mayor fracturación y karstificación, independientes

entre sí y que pueden estar conectados por fracturaciones de menor importancia, funcionando como acuíferos semiconfinados.

Las formaciones jurásicas y cretácicas están desconectadas entre sí al N y centro, pero presentan conexión hidráulica hacia el S, con cotas piezométricas similares, lo cual es favorecido por la explotación de los acuíferos jurásicos y cretácicos y su conexión por causa antrópica mediante sondeos ranurados en ambas formaciones acuíferas.

## Agradecimientos

A la Excma. Diputación Provincial de Cuenca y a la Confederación Hidrográfica del Guadiana, por facilitar la información y permitir el desarrollo de estos trabajos dentro de sus respectivos convenios con el IGME, y al gestor y a los revisores, por sus acertadas observaciones, que han permitido mejorar el texto.

## Referencias bibliográficas

- Alonso, E. and Martínez, M. 2007. *Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Pinarejo (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 42 pp.
- Díaz, J.A. and Martínez, M. 2009. *Mejora del conocimiento en las MASb. Sierra de Altomira (040.001) y Rus-Valdeobos (040.005)*. Informe inédito. Convenio de colaboración entre el IGME y la CHG. Centro de documentación del IGME. Madrid. 187 pp + 14 mapas.
- DGOH-IGME. 1988: Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e islas Baleares y síntesis de sus características. Informe 2505. Servicio Geológico (MPOTMA). Madrid, 32 pp + 1 mapa.
- García, M.A. 1995. *Estudio de la unidad hidrogeológica de la Sierra de Altomira en la cuenca del río Guadiana*. Informe interno. Centro de documentación de la Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH).
- Navarro, A., Fernández, A. and Doblas, J. 1989. *Las Aguas Subterráneas en España. Estudio de Síntesis*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). 591 pp.
- Lendínez, A. 1988. Mapa geológico MAGNA E 1:50 000 Belmonte N° 689
- Díaz, J.A. and Cabra, P. 1988b. Mapa geológico MAGNA E 1:50 000 San Clemente N° 716.
- IGME-Diputación Provincial de Cuenca 2007. *Estudio del estado del abastecimiento en 10 municipios de la provincia de Cuenca: Carrascosa del Campo*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 46 pp.
- IGME-JCCLM 1985. *Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha*. Colección Informe. IGME. 107 pp + 1 mapa.
- Martínez, M. 1996a. *Informe final del sondeo de abastecimiento de agua potable al municipio de Castillo de Garcimuñoz*.

- muñoz (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 15 pp.
- Martínez, M. 1996b. *Informe final del sondeo de abastecimiento de agua potable al municipio de Los Hinojosos (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 19 pp.
- Martínez, M. 2000a. *Informe final de los sondeos de abastecimiento de agua potable al municipio de Las Mesas (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 27 pp.
- Martínez, M. 2000b. *Informe final de los sondeos de abastecimiento de agua potable al municipio de Honrubia (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 22 pp.
- Martínez, M. 2002. *Informe final del sondeo para el abastecimiento de agua potable a la localidad de El Provencio (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 14 pp.
- Martínez, M. 2004. *Informe final de los sondeos perforados para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Saelices (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 15 pp.
- Martínez, M. 2005. *Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable a la localidad de Casas de Fernando Alonso (Cuenca)*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid.
- Martínez, M. 2006. *Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Montalbo (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 56 pp.
- Martínez, M. and Alonso, E. 2009. *Informe final del sondeo de investigación para el abastecimiento de agua potable a la localidad de Villares del Saz (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección*. Informe inédito. Centro de documentación del IGME. Madrid. 38 pp.

Recibido: octubre 2012  
Revisado: noviembre 2012  
Aceptado: enero 2013  
Publicado: julio 2013