

# **INVENTARIO DE LOS MANANTIALES QUE APORTAN AGUA AL RÍO JÚCAR EN LA PROVINCIA DE ALBACETE Y SU DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA\***

Por

David SANZ MARTÍNEZ <sup>(1)</sup>

Santiago CASTAÑO FERNÁNDEZ <sup>(1)</sup>

Juan José GÓMEZ-ALDAY <sup>(1)</sup>

Ángel MORATALLA GARCÍA <sup>(1)</sup>

Arturo CORTIJO SIMARRO <sup>(1)</sup>

Recibido: 09-septiembre-2011

Aprobado: 14-mayo-2012

---

\* Este trabajo ha contado con una ayuda a la investigación del Instituto de Estudios Albacetenses “Don Juan Manuel” de la Excma. Diputación de Albacete.

<sup>(1)</sup> Grupo de Hidrogeología. Instituto de Desarrollo Regional. Univ. de Castilla la Mancha. David.Sanz@uclm.es.

## RESUMEN

Los manantiales y fuentes naturales constituyen un recurso ambiental de alto interés que es necesario conocer desde un punto de vista científico y, en su caso, proponer las medidas para su conservación y/o recuperación. La motivación fundamental de esta investigación ha sido la necesidad de disponer de un inventario (actual e histórico) de los manantiales y surgencias asociados al río Júcar en la provincia de Albacete que pueda servir como complemento a los estudios geológicos e hidrológicos que intentan establecer las relaciones cuantitativas entre el río Júcar y las aguas subterráneas. Para la elaboración de dicho inventario, en primer lugar se abordó una rigurosa revisión bibliográfica (publicaciones, informes técnicos, cartografía, etc...) y la información obtenida se comprobó mediante trabajo de campo. Posteriormente, se realizó un encuadre geomorfológico y una descripción hidrogeológica del origen de cada manantial o grupo. Toda la información recopilada ha sido almacenada en un sistema gestor de bases de datos dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

**Palabras clave:** manantiales, aguas superficiales, aguas subterráneas, relación río acuífero, río Júcar, Albacete.

## ABSTRACT

The springs and natural sources are an environmental resource of great interest that we need to know from a scientific point of view and, where appropriate, propose measures for conservation and/or recovery. The fundamental motivation of this research is the need for an inventory (current and historical) of the springs associated with Júcar river in the province of Albacete that can serve as a complement to the geological and hydrological studies that seek to establish relations quantitative between Júcar river and aquifer. To prepare this inventory, first addressed a rigorous review of the literature (publications, technical reports, maps, etc ...) and information obtained was verified by field work. Later, there was a frame geomorphological and hydrogeological description of the origin of each spring or springs group. All information collected is stored in a Geodatabase within a Geographical Information System (GIS).

**Key words:** springs, surface water, groundwater, aquifer river relationships, Júcar river, Albacete.

## 0. INTRODUCCIÓN

Al conjunto de las aguas (en sus tres estados, sólido, líquido y vapor) que se encuentran a poca profundidad o sobre la superficie de nuestro planeta se le denomina la hidrosfera. Representa un volumen de unos 1.384 millones de  $\text{km}^3$ , cubriendo una superficie aproximada de 510.000  $\text{km}^2$  y permanece prácticamente constante desde hace más de 3.000 millones de años. Este conjunto de agua presenta un trasvase y movimiento continuo del agua de una parte a otra de la Tierra, lo que denominamos Ciclo Hidrológico. “*El ciclo del agua describe la presencia y el movimiento del agua en la Tierra y sobre ella. El agua de la Tierra está siempre en movimiento y constantemente cambiando de estado*” (<http://www.usgs.gov>). La fuerza motriz que genera estos movimientos está formada por la energía solar y la energía gravitatoria. En la figura 1 se muestra una representación del ciclo hidrológico.

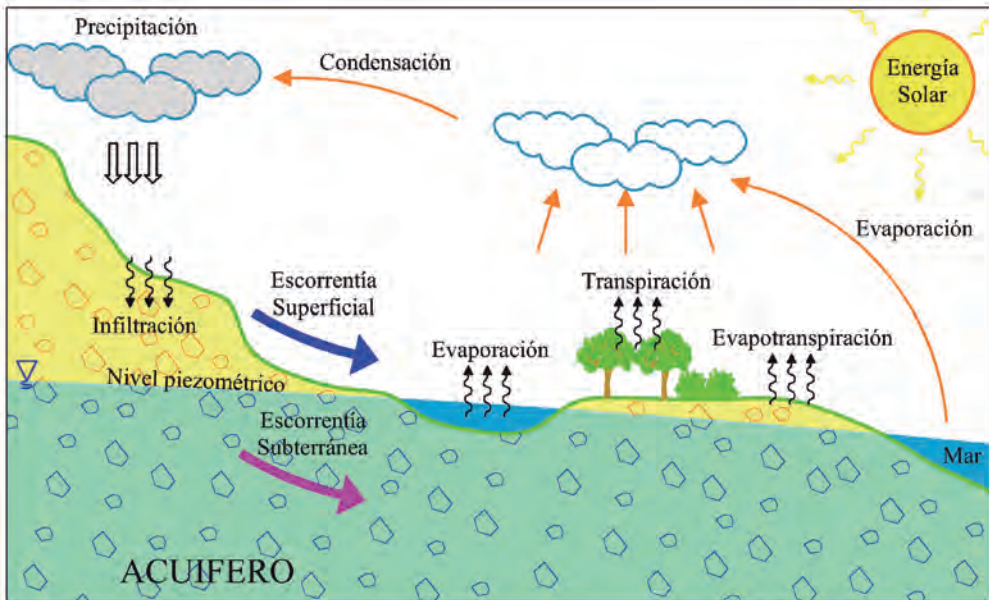


Figura 1. Esquema del ciclo hidrológico. Modificado de Martínez-Alfaro y cols., (2006).

De una forma muy resumida y destacando los detalles que pueden ayudar a entender este documento, los principales componentes del ciclo hidrológico son a) precipitación, b) evapotranspiración, c) infiltración, d) escorrentía superficial y e) escorrentía subterránea.

Parte del agua que llega a la superficie del terreno (*precipitación*) es contenida en la zona más superficial del suelo y puede ser devuelta a la atmósfera mediante el proceso denominado *evapotranspiración*. Dicho proceso puede

dividirse en evaporación directa de la humedad contenida por el suelo y en la transpiración realizada por las plantas a partir de la absorción de humedad por parte de las raíces de estas. Otra parte del agua que llega a la superficie terrestre puede *infiltrarse* (si supera las necesidades de la vegetación y humedad del suelo) e ir descendiendo verticalmente por poros y grietas hasta una zona donde la totalidad de los poros y grietas están saturados de agua. Esta zona es la que se denomina acuífero. Otra parte del agua caída sobre la superficie del terreno discurre por el terreno en forma de *escorrentía* configurando lo que se denomina red de drenaje (ríos, arroyos, barrancos...). No obstante, gran parte del agua que discurre por los ríos procede de las aportaciones subterráneas del acuífero sobre el que discurre (CIHS, 2009). De esta manera, si el río recibe aportes de agua subterránea desde el acuífero, se denomina río ganador o efluente, mientras que en la situación contraria se conoce como río perdedor o influente. Si la cota del fondo del lecho del río se encuentra notablemente distanciada de la cota del nivel del agua del acuífero se puede decir que el río está desconectado del acuífero, cediendo parte de sus recursos al sistema acuífero mediante el denominado “efecto ducha”. (Custodio y Llamas, 1983; Winter y cols., 1998; Brodie y cols., 2007).

En este punto es necesario definir el concepto de manantial, fuente o surgencia como: “afloramiento del agua subterránea, producido por un flujo de caudal de agua del acuífero hacia cotas inferiores”. En función de los aportes, estas surgencias pueden convertirse en temporales o permanentes, pudiendo estos últimos, generar humedales o incluso (si el caudal es importante) originar un curso de agua superficial. En este sentido se pueden entender los manantiales como aliviaderos naturales de los acuíferos (CIHS, 2009). Históricamente, las aguas subterráneas y las aguas superficiales han sido estudiadas como componentes aislados del ciclo hidrológico a pesar de que están conectadas hidráulicamente (Brodie y cols., 2007). De hecho, las aguas superficiales características como ríos, lagos y humedales pueden recibir aportes de aguas subterráneas de los acuíferos subyacentes (Winter y cols., 1998).

En otro orden de cosas, el ser humano puede introducir cambios en el ciclo hidrológico que pueden afectar a las relaciones entre aguas superficiales y subterráneas. Por ejemplo la explotación intensiva de las aguas subterráneas para diferentes usos (agrícola, urbano, industrial) provoca descensos importantes en los niveles del agua subterránea (niveles piezométricos) que pueden llegar a desconectar los aportes subterráneos con los flujos superficiales.

En este contexto, el objetivo principal de este proyecto es realizar un inventario de los manantiales en el entorno inmediato del río Júcar; enmarcarlos dentro de un contexto geomorfológico y realizar una descripción hidrogeoló-

gica de su origen. Disponer de este inventario nos permitirá entender mejor las relaciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas en el entorno del río Júcar, a su paso por la provincia de Albacete, bajo la explotación intensa de los recursos subterráneos.

## 1. ANTECEDENTES

La zona de estudio ha sido documentada desde el punto de vista geológico-geomorfológico por diversos autores. Por un lado, D. Antonio Fernández, en su Tesis Doctoral (1996), realiza un estudio detallado sobre la geomorfología del cañón del río Júcar en la comarca de la Manchuela (Albacete). Por otro lado, Santos García (1984) en su Tesis Doctoral, efectúa un estudio petrológico del Terciario continental de la cuenca del Júcar que posteriormente culmina en 1988 con la síntesis litoestratigráfica del terciario de la Cuenca del Júcar. Además, es de destacar los estudios de edificios tobáceos y travertinos en la cuenca del Júcar realizado por Fernández y cols. (1996).

En relación a estudios de carácter hidrogeológico en el área investigada se han realizado diferentes trabajos que, de una manera cuantitativa o cualitativa, valoran la relación existente, tanto en el espacio como en el tiempo, entre el río Júcar y el sistema acuífero de la Mancha Oriental (IGME, 1980, 1984; DGOH, 1988, 1993; Font, 2004; Sanz, 2005; Sanz y cols., 2009). Estos trabajos utilizan diferentes metodologías, aunque la mayoría de ellos evalúan el tipo de relación (río-acuífero) y su cuantificación, mediante aforos entre estaciones foronómicas consecutivas. En este caso, el establecimiento de las relaciones espaciotemporales del río y el acuífero dependen en gran medida de la ubicación de dichas estaciones.

En nuestro conocimiento no existe ningún trabajo que localice en el espacio los puntos de descarga naturales (manantiales y fuentes) hacia el río Júcar desde del acuífero de la Mancha Oriental y sus acuíferos colgados. De hecho, son escasos los trabajos que inventarían los manantiales que aportan agua al río Júcar y los catalogue desde una perspectiva hidrogeológica. Los únicos antecedentes de los que se dispone referencia son los trabajos efectuados por Fernández (1996) y el proyecto realizado al mismo tiempo que este trabajo por un equipo de investigación de la Universidad de Castilla La Mancha, dirigido por los profesores doctores D. Gregorio López Sanz y D. Rafael Molina Cantos. Estos investigadores realizaron un proyecto titulado “Inventario y plan de recuperación de fuentes y manantiales de La Manchuela”. En este proyecto se catalogaban medioambientalmente fuentes y manantiales en el entorno de la Manchuela. El informe que recoge fichas de cada uno de los puntos de agua está enfocado más hacia el punto de vista medioambiental

(flora y vegetación asociada) y social, que al estudio hidrogeológico de los mismos.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

### 2.1. Situación geográfica

La zona de estudio se encuentra situada en el SE de la Península Ibérica y comprende el curso fluvial del río Júcar a su paso por la provincia de Albacete, en el denominado acuífero de la Mancha Oriental. La extensión de la zona supone unos 120 km lineales, atravesando 17 municipios de la provincia de Albacete y las localidades de Villalgordo del Júcar, Fuensanta, Valdeganega, Jorquera, La Recueja, Alcalá del Júcar y Villa de Ves (Fig. 2 y 5).



**Figura 2.** Localización de la zona de estudio. CLM Castilla – La Mancha

La zona presenta un clima mediterráneo continental semiárido. La precipitación media es de 350 mm/año. El grado de insolación alcanza las 2.800 horas de sol anuales. Los valores medios anuales de temperatura son 13-15 °C; la continentalidad se pone de manifiesto en las temperaturas extremas que se registran en el área, donde las oscilaciones térmicas anuales han llegado a alcanzar los 66 °C, estando registrados valores de -22.5 °C en el observatorio meteorológico de Albacete-Los Llanos.



Geomorfológicamente la zona está constituida por grandes depresiones de edad intramiocena rellenas por materiales posteriores que conservan su disposición horizontal, causa del relieve prácticamente plano de la zona. Esta alta llanura (700 m.s.n.m. de altitud media), se encuentra bordeada por suaves relieves e interrumpida únicamente por el valle excavado por la acción remontante del río Júcar.

El río Júcar está regulado por el embalse de Alarcón, y afectado por varios procesos como: la producción de energía hidroeléctrica, el suministro de agua superficial para tierras de cultivo de regadío en la llanura de Valencia, la sustitución de bombeos en la Mancha Oriental, y el abastecimiento a la población de las ciudades de Albacete y Valencia. En su curso (por la zona de estudio) recibe los aportes del río Valdemembra y del arroyo Ledaña por su margen izquierda. Estos cursos fluviales permanecen secos durante largos períodos y sirven como desagüe de las aguas residuales de las localidades por donde discurren. Por lo general se infiltran en el acuífero antes de llegar al Júcar (Fig. 3).



**Figura 3.** Infiltración del río Valdemembra antes de alcanzar al río Júcar. Confluencia de la rambla de Mahora y el río Valdemembra.

Por su margen derecha, el río Júcar no llega a recibir los aportes del canal de Doña María Cristina (desagüe de las aguas residuales de la ciudad de Albacete) ya que al ser el lecho del canal permeable, las aguas superficiales se infiltran en la roca permeable subyacente (Fig. 4).



**Figura 4.** Infiltración del Canal de Mª Cristina antes de alcanzar al río Júcar. Cruce de la carretera de La Felipa a Valdeganga.

Gran parte del desarrollo socioeconómico de esta región durante los últimos 40 años se ha llevado a cabo gracias a la explotación intensiva de los recursos hídricos subterráneos para abastecer los cultivos de regadío. Los bombeos de agua subterránea han provocado un continuado descenso de los niveles piezométricos y una reducción de la descarga del acuífero al río Júcar (Rodríguez Estrella y Quintana, 1990; CHJ, 1999; Sanz, 2005).

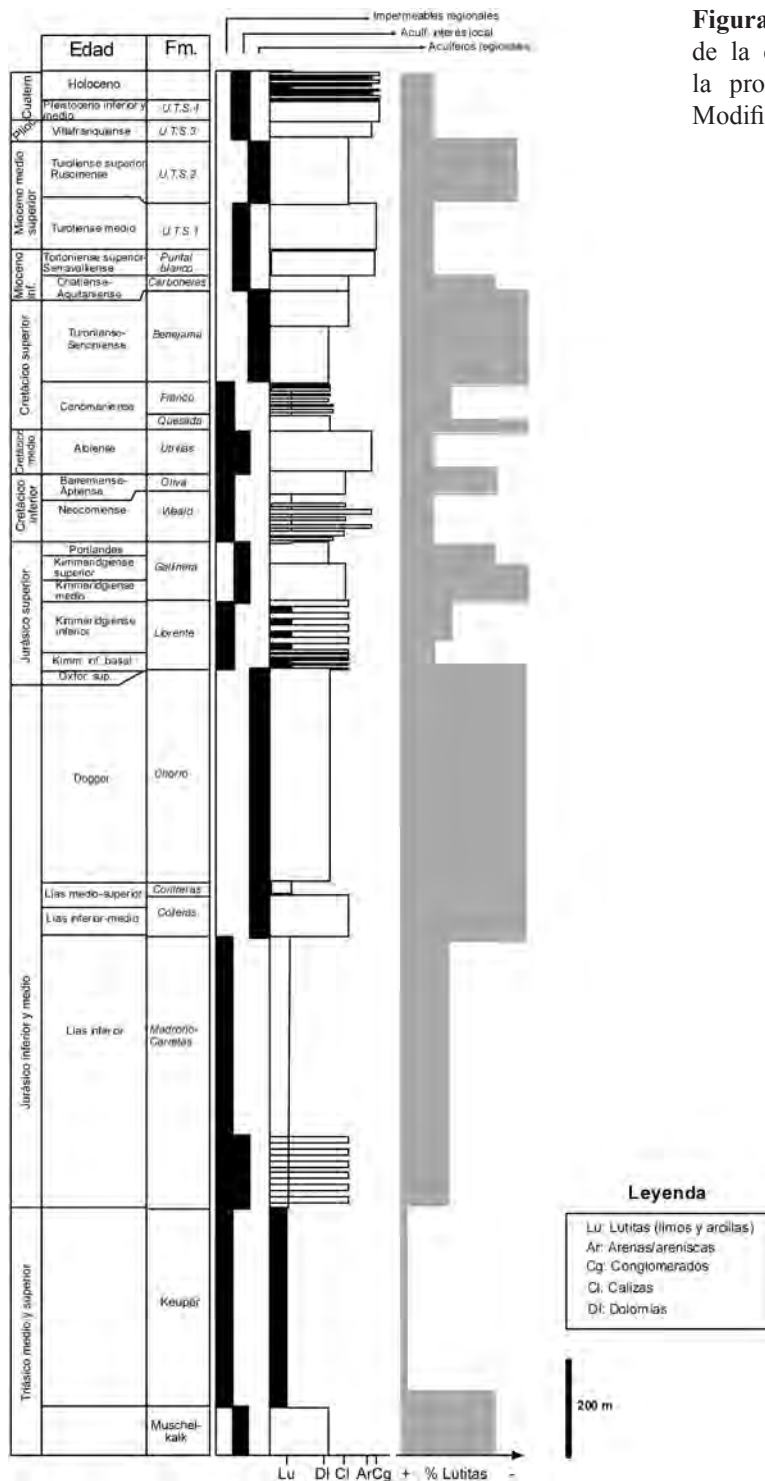
## 2.2. Contexto geológico

En este apartado se realiza una descripción geológica detallada e individualizada de los materiales presentes en el entorno del cauce del río Júcar. Para ello se ha utilizado como documentos de referencia las memorias de las hojas geológicas a escala 1:50.000 de la serie Magna (691-Motilla del Palancar; 717-Quintanar del Rey; 742-La Roda; 766-Valdeganga; 744-Casas Ibáñez).

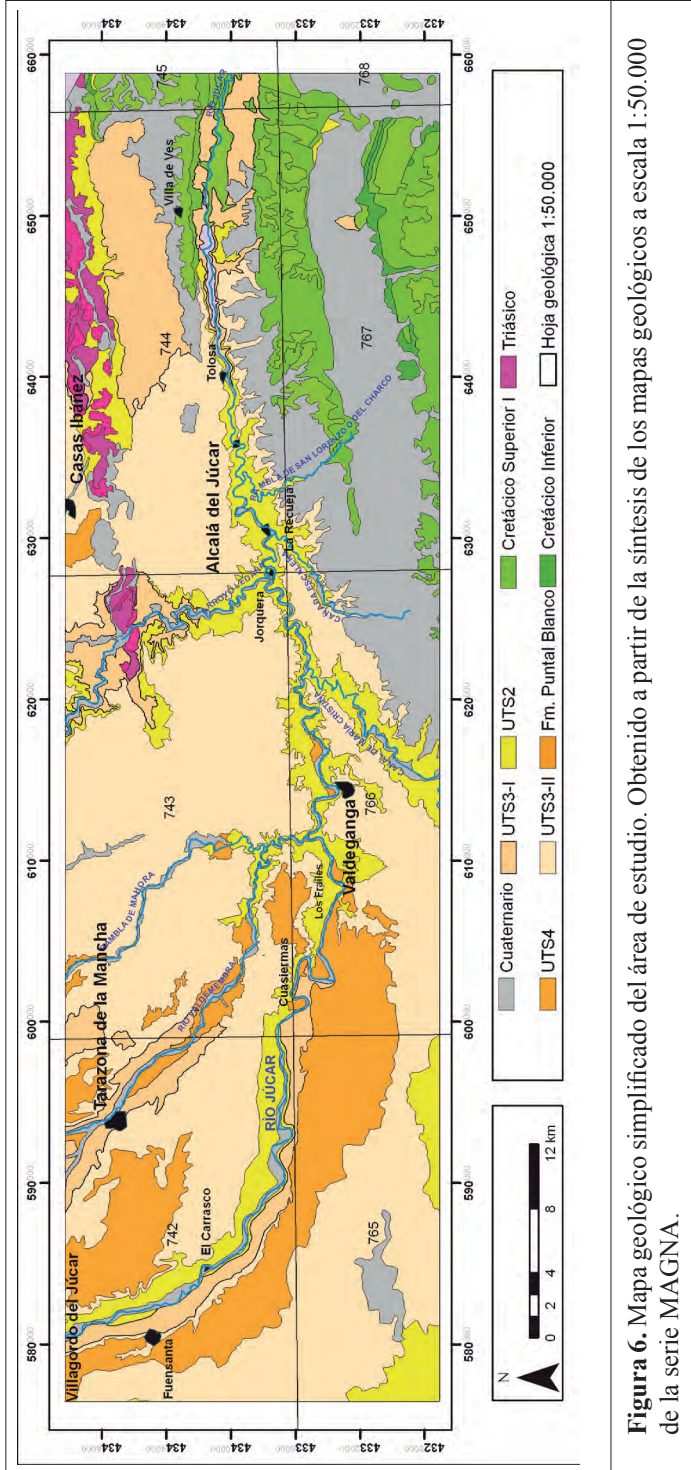
En el área de estudio afloran materiales del Triásico, Cretácico, Terciario e importantes extensiones de depósitos Pliocuaternarios. La serie estratigráfica de los materiales presentes se puede observar en la figura 5 y su



distribución espacial en la figura 6. La disposición de los manantiales va a estar directamente relacionada con factores como las características litoestratigráficas de los materiales geológicos, que pueden comportarse tanto como acuíferos como barreras impermeables, por lo que la descripción de los depósitos presentes en el área investigada se detalla prestando especial atención a la litología, comportamiento acuífero y afloramientos.



**Figura 5.** Serie estratigráfica de la cuenca del Júcar en la provincia de Albacete. Modificada de Sanz (2005).



## TRIASICO

Los materiales de edad triásica que afloran en el área de estudio están representados en su mayoría por las facies Keuper. Estos materiales están formados por margas y yesos que afloran en las proximidades de la localidad de Casas Ibáñez con una orientación Este-Oeste y altamente fracturados en la mayoría de los casos. Estructuralmente constituyen un anticlinorio en cuyo núcleo aparecen los materiales en facies Muschelkalk y en sus bordes en facies Keuper. El contacto entre estas facies es siempre de tipo mecánico como consecuencia de la compleja tectónica que afecta a estos materiales (Villar García, 1989).

El comportamiento hidrogeológico de los materiales del Keuper sobre la base de las características litoestratigráficas se puede concretar como el de impermeable regional. En las zonas donde aflora el Keuper a favor de accidentes tectónicos constituye una barrera impermeable que impide la conexión de las aguas subterráneas entre sistemas hidrogeológicos. No obstante, existen algunos manantiales en los niveles solubles de sales y yesos como los casos de Casas Ibáñez (fuera del ámbito principal de este estudio).

## CRETÁCICO

Los materiales cretácicos se apoyan de manera discordante sobre los depósitos del Jurásico (no presentes en superficie en el área de estudio), previamente erosionados y karstificados. En la zona investigada se pueden diferenciar materiales del Cretácico inferior y del Cretácico superior.

El Cretácico inferior y medio se puede separar en dos facies, limitadas por una discordancia erosiva y probablemente angular. De muro a techo son “Facies Weald” y “Facies Utrillas” (García Abbad, 1975). La facies Weald se corresponde con los materiales depositados entre el Barremiense inferior y Aptense basal, y presenta una gran heterogeneidad de facies ya sean continentales (lacustres y fluviales), o marinas (lagoon, estuarios y llanura costera). A techo de esta facies aparecen materiales carbonatados (calizas micríticas) con abundantes Toucasias de edad Aptense s.l. Estas calizas son conocidas como “Facies Urganiana”. Sobre los materiales carbonatados anteriores se superpone una unidad, de edad Albiense inferior, predominantemente terrígena (arcillas y arenas) que presenta importantes cambios laterales de facies. Debido a su carácter predominantemente arcilloso-margoso se considera a este conjunto impermeable a efectos hidrogeológicos. Por otro lado, la Facies Utrillas, que comprende el piso Albense s.l. está compuesta por sedimentos continentales fluviales. A muro son frecuentes los términos conglomeráticos que pasan gra-

dualmente a niveles más arenosos de tonos versicolores con intercalaciones de lutitas. A efectos hidrogeológicos esta facies puede actuar como semipermeable (Acuitardo).

El cretácico superior en la Mancha Oriental y alrededores está formado por numerosas formaciones (Vilas, 1990). Sin entrar en detalle en la descripción de cada una de ellas, se realiza una breve descripción de los materiales observables en el área investigada.

La base del Cretácico superior está definida por la presencia de materiales margosos y calcareníticos muy fosilíferos (Formación Margas de Chera). Dicha Formación está compuesta por arcillas y margas dolomíticas de un color verde característico. Es utilizada como nivel guía en cartografía gracias a su continuidad lateral, ya que debido a su litología forma un entrante marcado en el paisaje Giménez Fernández y Martín Chivelet (1990). Esta Formación suele representar la base impermeable por donde suelen aparecer manantiales colgados.

Suprayacentes se observan materiales calizo-dolomíticos en potentes bancos a partir del Turonense, que generalmente, son los responsables de los resaltes verticales de las muelas cretácicas (Formación Dolomías Tableadas de Villa de Ves, Formación Dolomías de Alatoz y Formación Dolomías de la Ciudad Encantada). En función de sus características litoestratigráficas y los procesos de fracturación, erosión y karstificación, esta formación se considera una de las formaciones acuíferas más importantes en la cuenca del Júcar. No obstante en la zona de estudio, al estar estos materiales cientos de metros por encima del nivel piezométrico regional, sólo suelen originar manantiales colgados.

## TERCIARIO

Los materiales terciarios están más ampliamente desarrollados en la depresión del río Júcar y se caracterizan por un registro sedimentario complejo resultado de su distribución espacial, génesis de los depósitos y variedad litológica. Esta complejidad sedimentaria es consecuencia de la inestabilidad tectónica postcretácica (Pérez González, 1982).

El registro sedimentario de la cuenca terciaria del Júcar se inicia con la Unidad Carboneras (Santos García, 1984), también conocida como calizas de Fuentealbilla. Está compuesta por calizas micríticas, biomicríticas y micritas fosilíferas, que esporádicamente intercalan niveles de calizas margosas. Por encima de los materiales anteriores, aparece la Formación Puntal Blanco de edad Serravalliense - Tortoniense superior. Está formada por depósitos flangomeráticos con bloques angulosos de calizas y dolomías. Se encuentra



aflorando en las proximidades de la localidad de Villa de Ves. Por encima de la Unidad Puntal Blanco se deposita un conjunto carbonatado y terrígeno organizado en Unidades Tectosedimentarias (UTS) (Santos García, 1984). La descripción que se realiza a continuación está recogida de Santos García (1984) y resumida en Sanz (2005).

o UTS 1. Turolense medio-superior

La UTS1 se deposita sobre los materiales de la Formación Puntal Blanco o sobre la Unidad Carboneras. Es definida por Robles (1970), como “Unidad detrítica inferior” y está formada por conglomerados con cantos calcáreos y dolomíticos de matriz arenosa-arcillosa.

o UTS 2. Turolense superior-Ruscinense

Esta unidad tectosedimentaria también se conoce como “Calizas del río Júcar” y fue establecida por Pérez González (1982). Está compuesta por una sucesión cíclica de carbonatos de color blanco y gris que alternan con niveles margosos ricos en gasterópodos y en ocasiones con niveles detríticos. Son facies lacustres-palustres con alguna influencia de terrígenos que tienen como medio de sedimentación lagos someros, siendo los términos intermedios y finales de abanicos aluviales. Debido a las características litológicas y los procesos de karstificación sufridos junto con la considerable extensión y potencia de estos materiales, constituyen uno de los acuíferos más importantes de la Mancha Oriental.

A techo de esta unidad aparece el Miembro de los Yesares, tan sólo presente en entorno de la hoja geológica nº 766 de Valdeganga (Robles, 1970). Este miembro está formado por margas blancas con anhidritas y arcillas rojas con cristales de yesos.

o UTS 3. Villafranquiense

Pérez González (1982) en su Tesis Doctoral “Neógeno y Cuaternario en la Llanura Manchega” denomina esta unidad como “Areniscas y arcillas rojas de Villalgordo del Júcar”. La UTS 3 se dispone en clara ruptura estratigráfica sobre la UTS 2 y UTS 1. Está formado por depósitos detríticos, carbonatados y yesíferos que dan lugar a terrenos acarcavados característicos. Las facies carbonatadas predominan hacia el E y las detríticas hacia el O.

Dentro de esta unidad tectosedimentaria se pueden distinguir dos conjuntos litológicos superpuestos. El conjunto inferior está compuesto por areniscas con estratificación cruzada sobre las que descansan unas arcillas margosas pardo-rojizas, finalizando el tramo con calizas margosas y arenosas. El conjunto superior está formado por gravas poligénicas con matriz arenosa. En los tramos inferiores aparecen unas areniscas con estratificación cruzada y a techo, limos arenosos pardo-amarillentos y margas calcáreas arenosas. En la localidad de La Roda aparecen unos materiales relacionados con esta uni-

dad “Tierra blanca de La Roda”, que están formados por fangos dolomíticos (IGME, 1988).

## CUATERNARIO

### o UTS 4. Pleistoceno inferior y medio

Esta unidad es definida por Pérez González (1982), como “Sistema aluvial del río Júcar” e incluye la unidad “Aluviones de Casas Ibáñez”. El sistema aluvial del río Júcar constituye un extenso manto aluvial de cantos y gravas carbonatadas y cuarcíticas que se disponen paralelas al río Júcar desde el entorno de la hoja de Quintanar del Rey (717), hasta la hoja de Valdeganga (766). Pérez González (1982), destaca que durante la edad de formación de esta unidad (Pleistoceno basal), el río Júcar desagaba hacia el Atlántico y al entrar en la Llanura manchega se extendió ampliamente cubriendo grandes áreas. Esta unidad está coronada en muchos sectores por una costra laminar gruesa a la que se superpone un suelo arcilloso de tonalidad rojiza. A partir de aquí los procesos erosivos son predominantes. Los materiales detríticos pueden actuar como acuitardos mientras que los depósitos calcáreos se pueden considerar altamente permeables debido a las características litoestratigráficas y a los procesos de fracturación que se observan.

El resto de depósitos cuaternarios alcanzan gran importancia dentro de los espacios fluviales del río Júcar debido a su diversidad y extensión. Adquieren su máxima expresión en el sector septentrional de la zona de estudio (río Júcar entre Villalgordo del Júcar y puente del Carrasco). La composición litológica de estas unidades es muy variada, y siempre está en función del área madre.

A lo largo del cauce del río Júcar cabe destacar los distintos niveles de terrazas caracterizadas por estar formadas por gravas poligénicas heterométricas, arenas y arcillas con estructuras de origen fluvial. También a lo largo del valle fluvial aparecen depósitos como: a) Travertinos; materiales calcáreos formados en ambientes lagunares debido a remansos fluviales, que posteriormente han sido abandonados, donde la acumulación de restos orgánicos fue importante. b) Aluviales, c) Coluviales y conos de deyección en las laderas de poca pendiente, y derrubios de ladera compuestos por arenas, arcillas y cantos asociados a los relieves de alta pendiente (mesozoicos y Miocenos), d) Glacis, arenas, arcillas y cantos de naturaleza calcárea recubierta por un caliche, e) cauces abandonados, f) “Aluviones de Casas Ibáñez” contemporáneos con la “raña”, extenso canturreal de gravas sílices, redondeadas y empastadas en matriz arcillosa de tonalidades rojizas, g) Depósitos actuales o subactuales caracterizados como cuaternario indiferenciado por no establecerse su edad y por disponer orígenes diversos.

Los materiales detríticos como los que forman los diferentes grupos de terrazas pueden actuar como acuíferos colgados mientras que los materiales arcillosos actúan como nivel de afloramiento de manantiales debido a su reducida permeabilidad.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Inventario puntos de agua**

Para la obtención de los datos sobre fuentes y manantiales se ha realizado un inventario de puntos de agua a partir de la información suministrada por diversas fuentes y de dos campañas de campo realizadas por el equipo investigador efectuadas entre febrero y octubre de 2010. En total se han recopilado más de 30 manantiales, surgencias y/o fuentes en el entorno del río Júcar a su paso por la provincia de Albacete. Del conjunto de puntos se seleccionaron los más representativos para el análisis de las características fisicoquímicas del agua. Las diferentes fuentes de información utilizadas han sido.

- Informe: “Estudio Hidrogeológico de la zona oriental de la Mancha” (IGME, 1973).
- Base de datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar.
- Base de datos del Instituto Geológico y Minero de España.
- Informe: “Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura. Unidad Norte.” (IGME, 1979).
- Campaña de campo.
- Tesis Doctoral Dr. Antonio Fernández (1996).

#### **3.2. Campaña de campo**

Con anterioridad a la salidas de campo se incorporaba en un software de navegación tanto las localizaciones de los posibles manantiales como la cartografía necesaria (ortofoto, MTN 1/25000, imagen de satélite, red de caminos, catastro, etc...). La mayoría de los puntos son de difícil acceso y suelen estar escondidos por la vegetación. En estas condiciones se hizo necesario el uso de un ordenador específico para campo con GPS incorporado y conexión a Internet vía satélite. Con su auxilio, la secuencia de trabajo es sencilla: se localiza el destino en el navegador y este indica la ruta a seguir hasta la ubicación en el punto exacto (Fig. 7).



**Figura 7.** Elementos utilizados para las campañas de campo.

Una vez situado en el punto de agua (manantial o surgencia) se confirman las coordenadas y se rellenan los metadatos del inventario, realizando los oportunos análisis visuales (geomorfología), análisis foronómicos (determinación del caudal) y análisis físico-químicos (Fig. 8).



**Figura 8.** Ejemplo de toma de muestras y análisis físicoquímicos. Manantial de La Mancha, proximidades de la central hidroeléctrica de la Mancha.

### 3.3. Organización de la Información

La mayor parte de los datos a recopilar poseen una referencia espacial (x-y-z) y temporal asociada que permite su integración y tratamiento en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para ello se diseñó una estructura de almacenamiento y manejo de los datos recopilados que al mismo tiempo facilite la diseminación de los resultados mediante la generación de cartografía temática. Se ha confeccionado una base de datos alfanuméricos y georreferenciados que se ha conectado mediante conexión SQL a un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este SIG es una herramienta capaz de analizar y manipular datos espacio-temporalmente, así como de integrar y cruzar datos hidrogeológicos. A su vez, la información se puede exportar a otros programas para poder así realizar otro tipo de análisis de dichos datos.

La base de datos ha sido confeccionada en Access. Esta base de datos se encuentra depositada en el Grupo de Hidrogeología del Instituto de Desarrollo Regional (IDR), perteneciente a la Universidad de Castilla – La Mancha (UCLM).

## 4. RESULTADOS

Se han inventariado 35 manantiales, fuentes y surgencias a lo largo del curso del río Júcar dentro de la provincia de Albacete. Parte de esta información ha sido proporcionada por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), guardería fluvial, base de datos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y visitas de campo. Toda esta información se puede consultar tanto en el SIG como en la Base de datos realizada a tal efecto (Fig. 9).

Con la información proporcionada por el inventario de manantiales, sus características de caudal, características físico-químicas y el análisis de la información geológica donde están ubicados, se ha podido diferenciar las siguientes zonas (Fig. 9):

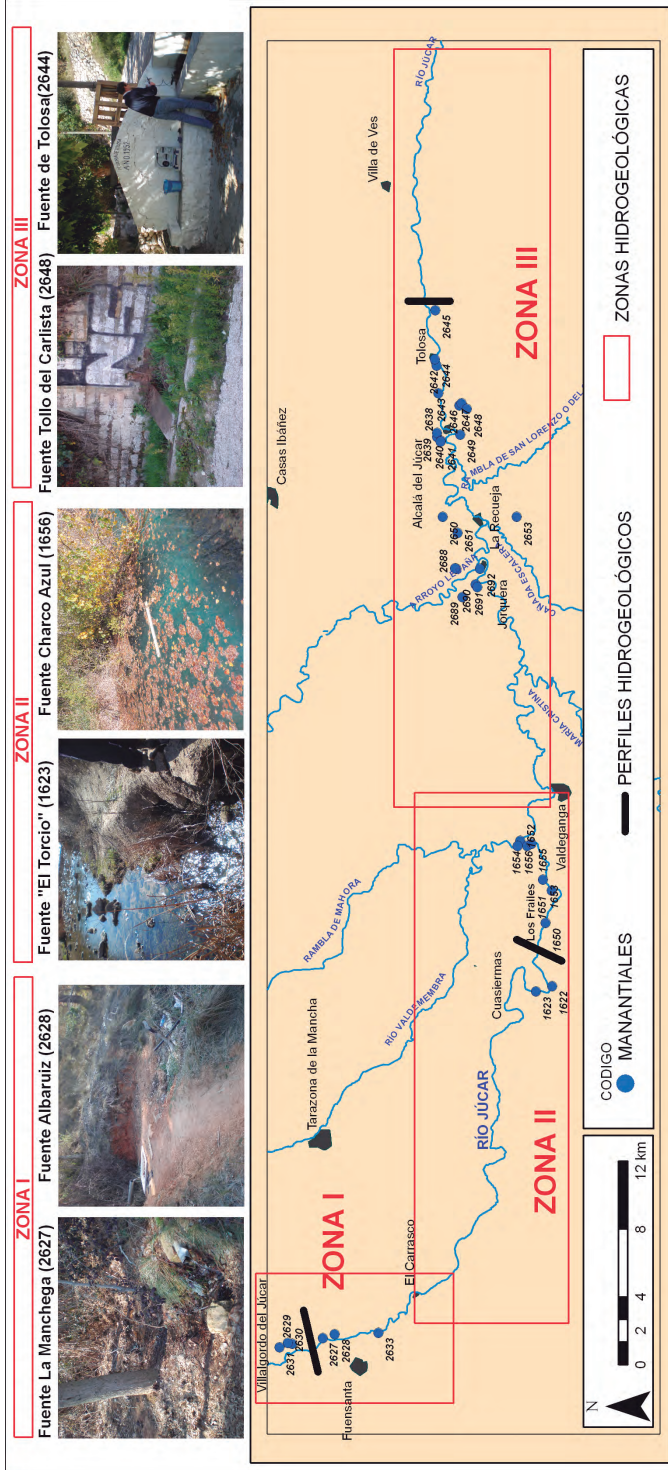
La **Zona I** va desde la localidad de Villalgordo del Júcar hasta el paraje conocido como puente del “El Carrasco”. En esta zona se han inventariado un total de 5 manantiales (n=5).

La **Zona II** queda delimitada entre el paraje anterior y la localidad de Valdeganga (n=10).

Por último, la **Zona III** abarca desde la localidad de Valdeganga hasta la zona de Villa de Ves, con más de 20 manantiales inventariados.

A continuación se realiza una descripción detallada de cada una de estas zonas y sus manantiales asociados.





**Figura 9.** Localización de los manantiales presentes en la zona de estudio. Zonificación del área investigada en función de sus características hidrogeológicas. Ubicación de los perfiles hidrogeológicos de las figuras 10, 11 y 12.

#### 4.1. Manantiales Zona I

En esta zona se forma un valle de suaves pendientes ( $p = 0,11\%$ ) que muestra un buen desarrollo de terrazas fluviales. La mayor parte de la zona se encuentra dentro de la hoja geológica 1:50.000 de la serie Magna nº 717 de Quintanar del Rey. El río Júcar, en este sector, presenta una dirección N-S e incide sobre la topografía proporcionando un valle amplio conformando la denominada cuenca del Júcar. Dicha cuenca está formada por una depresión terciaria de relleno complejo, de gran extensión regional y constituida mayoritariamente por materiales neógenos continentales posteriormente modelados durante el cuaternario (IGME, 1988). Es característico de esta zona el amplio desarrollo de depósitos cuaternarios, los cuales se encuentran extraordinariamente representados debido a la gran cantidad de fenómenos acaecidos y a que el río Júcar atraviesa principalmente estos materiales con una pendiente muy suave.

El río Júcar a su paso por esta zona ha dejado un sistema de terrazas cuya descripción detallada se puede consultar en la monografía realizada por Pérez González (1982). Este autor subdivide el sistema de terrazas en tres subconjuntos: a) terrazas altas con cotas de entre 100 y 120 metros por encima de la cota del río. Están formadas por gravas calizo-dolomíticas fundamentalmente con intercalaciones de gravas cuarzíticas y arenosas, b) Sistema aluvial del río Júcar, terrazas entre 80-100 metros. Estos materiales aparecen formando una amplia banda paralela al río Júcar en su margen derecha. Estos depósitos se caracterizan por series fluviales granodecrecientes parecidas a las de la terraza anterior. Se pueden observar en las trincheras efectuadas para la realización del Trasvase Tajo-Segura. Y c) terrazas de 50-60 metros por encima del cauce del río Júcar. Estas secuencias fluviales son de aspecto parecido a las anteriores pero con mayor contenido en las gravas calcodolomíticas.

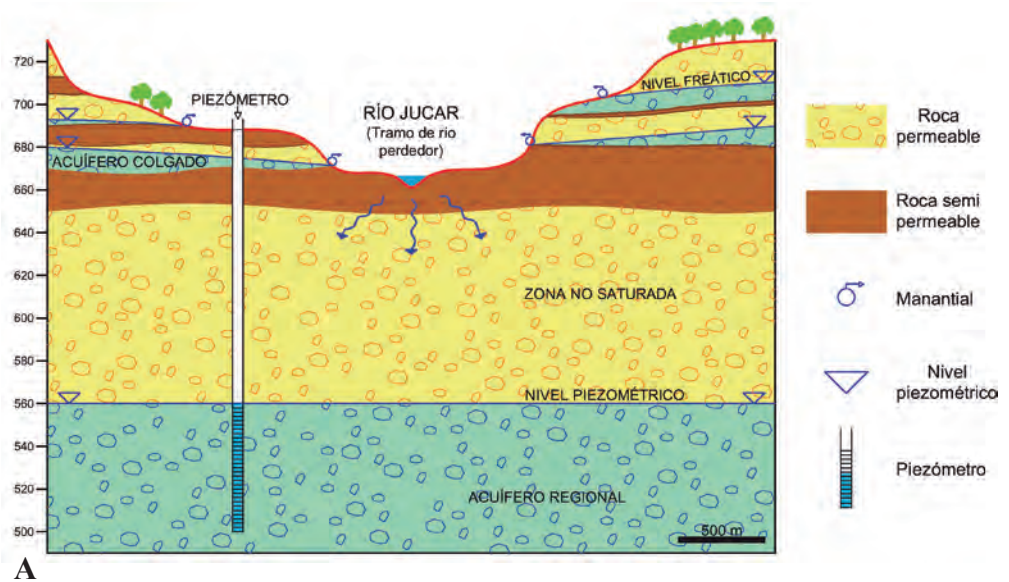
Los demás depósitos cuaternarios son bastante variados, prestando especial atención aquellos que se desarrollan con mayor intensidad en las proximidades del cauce del río Júcar. En este sentido encontramos:

- Glacis; aparecen de tres tipos a) de acumulación (enlaza plataformas y terrazas entre sí), b) coluviales que se dan fuera de la zona de estudio, y c) que enlaza la plataforma de Tebar con el sistema aluvial del río Júcar.
- Depósitos fondo de valle; arroyos, cañadas y vaguadas con dirección al río Júcar dejan depósitos de gravas y cantos con una matriz arcillosa y limoarenosa.
- Conos aluviales y conos coalescentes: Son depósitos heredados de los materiales pliocenos y de las terrazas. Están formados por limos y arenas con arcilla de color pardo rojizo con cantos poligénicos.

- Depósitos eólicos: Son afloramientos de arenas eólicas cuyo origen es local y muy próximo a la zona donde se han depositado.
- Llanura aluvial: Comprende la llanura aluvial del río Júcar situada a 2-5 metros sobre el nivel del río y formado por arenas limosas.

Los manantiales que aparecen en esta zona se encuentran a cotas muy superiores (>40 metros) de la cota del fondo del río Júcar (Fig. 10). Todas estas surgencias aparecen asociadas a los diferentes tipos de terrazas altas descritas anteriormente. Estas terrazas están formadas por materiales con mucha capacidad de almacenar y transmitir agua confiriéndole características de acuíferos colgados. Los manantiales afloran en el contacto de estas terrazas con materiales de menor permeabilidad (arcillas, limos y margas). En este sentido, estos manantiales funcionan como rebosadero natural de acuíferos colgados. En efecto, estos manantiales se encuentran muy por encima del nivel piezométrico regional que en esa zona se encuentra a unos 50 m de la superficie del terreno (Fig. 10). En este sentido el río Júcar en esta zona aparece como un río perdedor cediendo parte de sus recursos al acuífero.

Al tratarse de acuíferos colgados de extensión y potencia reducida los rebosaderos naturales presentan unos caudales que no superan los 5-10 l/s, estando muy influenciado los caudales por los periodos húmedos y secos. Se encuentran manantiales de tipo temporal pero también permanente como la fuente de los Frailes o la Manchega. La rápida infiltración del agua de lluvia en este tipo de acuíferos así como el escaso tiempo de permanencia del agua en estos materiales (semanas-meses) les hace conferir unas características fisicoquímicas muy parecidas al del agua de lluvia. No obstante, los valores de conductividad eléctrica encontrados en estos materiales oscilan entre 690 y 850 microSiemens/cm, lo cual indica una rápida mineralización del agua a su paso por los materiales detríticos.



**Figura 10.** A) Corte hidrogeológico esquemático y ubicación de manantiales en la zona I. La ubicación de dicho perfil se puede observar en la figura 9. B) Ejemplo del tipo de manantial de la Zona I. (proximidades de Villalgordo del Júcar).



## 4.2. Manantiales Zona II

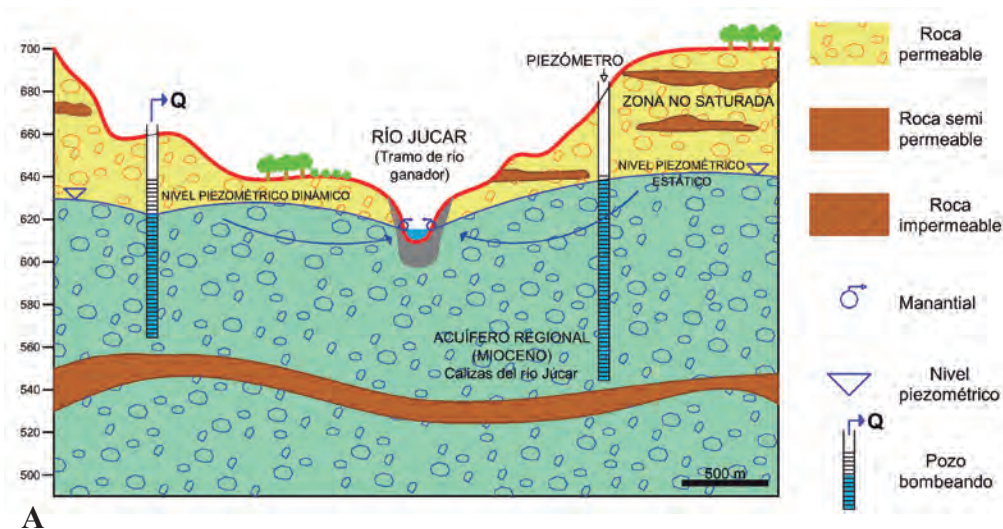
Esta zona abarca la hojas geológicas a escala 1:50.000 de la serie Magna codificadas como 742-La Roda, 766-Valdeganga, 743 Madrigueras y 744-Casas Ibáñez. En este sector el río Júcar adquiere una orientación E-O tras realizar un giro desde su orientación N-S. Durante toda esta área el río Júcar discurre por materiales Terciarios (Mioceno-Plioceno) y Cuaternarios (Fig. 6 y 9).

En este sector aparecen los materiales terciarios y pliocuaternarios, horizontales y subhorizontales. Estructuralmente, esta zona está formada por una depresión tectónica de edad intramiocena que se encuentran rellena por sedimentos posteriores (Mioceno medio–Plioceno). No obstante, la compactación diferencial de las capas de relleno sobre el relieve irregular que tienen los materiales mesozoicos deformados da lugar a ciertos “pliegues de acomodación”.

El diferente encajamiento del río en este sector así como su evolución en el tiempo provocan la sectorización de esta zona. Un primer tramo iría desde El Carrasco hasta el paraje conocido como Cuasiermas (Cuevas yermas) y el siguiente desde el punto anterior hasta la localidad de Valdeganga. En el primer tramo el río Júcar establece un valle amplio de suaves pendientes, parecido a la zona I, pero con un menor desarrollo de terrazas fluviales. Este hecho condiciona la escasez de manantiales de acuíferos colgados presentes en los materiales de las terrazas fluviales. En el segundo tramo el río comienza su erosión remontante encajonándose en los materiales calcáreos del río Júcar (Calizas del río Júcar UTS2). Este hecho es de vital importancia ya que estos materiales constituyen uno de los acuíferos regionales más importantes de la Mancha Oriental.

Los únicos manantiales que se han podido inventariar en esta zona aparecen aguas abajo del paraje conocido como Cuasiermas (Fig. 9). Estos manantiales están asociados a los rebosaderos naturales del acuífero mioceno de la Mancha Oriental, también conocido como acuífero pontiense. Este acuífero de gran extensión (unos 2.000 km<sup>2</sup>) y 120 metros de potencia máxima (Sanz y cols., 2007), presenta unos valores de permeabilidad superiores a los 1.000 m<sup>2</sup>/día, existiendo pozos con rendimientos superiores a los 100 l/s, con un metro de depresión teórica. Los manantiales presentes a partir de Cuasiermas afloran debido a que el nivel piezométrico regional intersecta la superficie del terreno. Esta zona se da en las márgenes del río Júcar ya que son las zonas topográficamente más bajas de la zona de estudio (Fig. 11). No se descarta la presencia de manantiales subacuáticos.

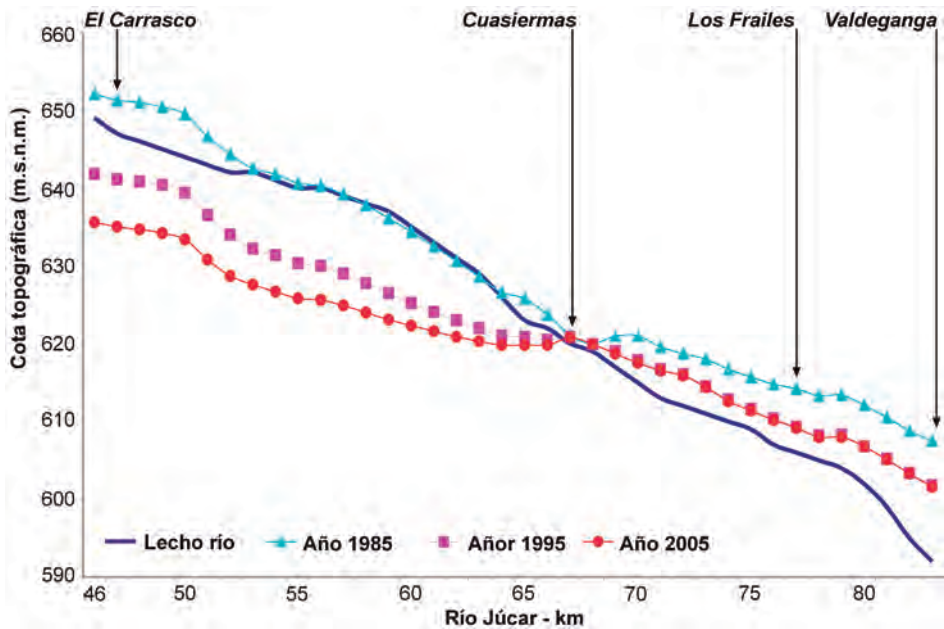




**Figura 11.** A) Corte hidrogeológico esquemático y ubicación de manantiales en la zona II. La ubicación de dicho perfil se puede observar en la figura 9. B) Ejemplo del tipo de manantial de la Zona II. (Aguas abajo del puente de Cuasiermas).

Al tratarse de un acuífero regional los caudales que presentan los manantiales pueden llegar a los 500 l/s [i.e. Charco Azul (Fig 9)]. Las entradas de agua al acuífero Mioceno se producen a través de la recarga directa de agua de lluvia y de las descargas desde los acuíferos mesozoicos a través de los materiales semipermeables del Terciario detrítico (UTS1). Este hecho implica largos tiempo de residencia del agua en el acuífero (años) por lo que las características fisicoquímicas de los manantiales son prácticamente idénticas a las que se encuentran en el acuífero. Los valores de conductividad eléctrica encontrados en estos materiales oscilan entre 850 y 1000 microSiemens/cm. Estos valores de conductividad indican una mineralización importante de las aguas debido al tiempo de residencia de las aguas en el acuífero.

La potencialidad como embalse subterráneo del acuífero Mioceno ha conllevado la instalación de numerosos pozos de bombeo para abastecer los cultivos de regadío. La explotación intensiva del acuífero ha provocado un descenso general de los niveles piezométricos y por tanto una reducción de la descarga del Acuífero Mioceno al río Júcar. En este sentido, no se descarta que hubiera manantiales en el tramo El Carrasco – Cuasiermas que probablemente se hayan secado y no vuelvan a fluir ya que el nivel piezométrico regional se encuentra a más de 20 metros de profundidad de la cota del río (Fig. 12).



**Figura 12.** Nivel piezométrico simulado por debajo del lecho del río para los años 1985, 1995 y 2005 entre El Carrasco - Los Frailes (Ver ubicación en la figura 5). Modificado de Sanz y cols., (2011).

### 4.3. Manantiales Zona III

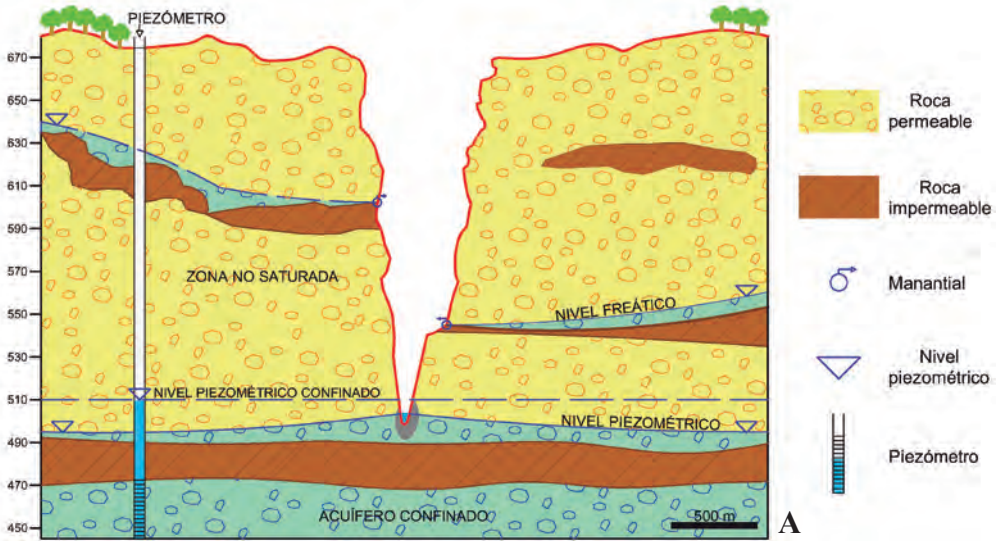
En esta zona, el río abarca parte de las hojas geológicas a escala 1:50.000 de la serie Magna de 744-Casas Ibáñez y 745-Jalance. La pendiente del río aumenta considerablemente ( $p = 0,20\%$ ) conformando un estrecho valle comprimido entre profundos escarpes (hoces del Júcar). Desde la localidad de Valdeganga hasta la de Alcalá del Júcar son destacables el gran número de deslizamientos y desprendimientos de grandes bloques de las calizas del río Júcar, debido a la mezcla de factores como verticalidad de las paredes, la composición calizo-margosa de los materiales y los agentes erosivos. En este tramo el acuífero mioceno formado por las calizas del río Júcar se encuentra por encima del nivel piezométrico regional. A partir del Alcalá de Júcar y el embalse de El Molinar comienzan a predominar los materiales mesozoicos (Cretácicos) sobre los Neógenos, como sustrato del río Júcar, aunque aún aparecen los términos superiores del Terciario. Los primeros materiales, cretácicos, los encontraríamos en las proximidades del embalse del Molinar. Este tramo finaliza cuando comienzan los materiales triásicos (fenómenos diapíricos) coincidiendo con el encuentro del Júcar con su afluente el Cabriel (Fig. 6). En esta zona dentro del cañón del río Júcar se evidencian las deformaciones resultantes de los esfuerzos tectónicos tal y como apunta Fernández (1996), lo que implica un trazado más rectilíneo alcanzando el mayor encajamiento con escarpes prácticamente verticales.

La mayoría de los manantiales que afloran en esta zona se encuentran a cotas muy superiores a las cotas del fondo del río Júcar y del nivel piezométrico regional (Fig. 12). Todos los manantiales aparecen asociados a los contactos entre materiales muy permeables (materiales carbonatados de Mioceno y/o del Cretácico) con materiales menos permeables como los materiales arcillosos del Terciario para el caso de las calizas del mioceno y con los materiales del cretácico inferior para las calizas mesozoicas. Al igual que en la zona I, los manantiales funcionan como rebosadero natural de acuíferos colgados ya que estos se encuentran muy por encima del nivel piezométrico regional que en esa zona se encuentra confinado en acuíferos inferiores (Fig. 13).

Los caudales que muestran estos manantiales son inferiores a los 5-10 l/s y gran parte de ellos son estacionales, secándose la mayoría durante los últimos años debido al descenso pluviométrico general de la zona. La infiltración del agua de lluvia en estos materiales es bastante rápida debido a los fenómenos de fracturación y karstificación que presentan estos materiales. La circulación del agua en estos acuíferos colgados también es rápida lo que implica cortos tiempo de permanencia del agua en estos materiales (semanas-



meses), confiriéndoles características fisicoquímicas muy parecidas al del agua de lluvia. Los valores medios de conductividad eléctrica encontrados en estos materiales oscilan entre 540 y 850 microSiemens/cm. Los valores más bajos de conductividad aparecen en los manantiales con mayor cota topográfica.



**B**

**Figura 13.**

A) Corte hidrogeológico esquemático y ubicación de manantiales en la zona III. La ubicación de dicho perfil se puede observar en la figura 9. B) Ejemplo del tipo de manantial de la Zona III. (Carretera Villavalliente- Alcalá del Júcar).

## 5. CONCLUSIONES

Se han localizado y estudiado 35 manantiales o surgencias a lo largo del cauce del río Júcar en la provincia de Albacete. No es posible descartar la existencia de alguno más, no obstante, el inventario de estos puntos es suficiente para entender mejor las relaciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas en el entorno del río Júcar a su paso por la provincia de Albacete.

Para la gestión de la información recopilada así como para la obtención de resultados se diseñó una estructura de almacenamiento y manejo de los datos recopilados capaz de analizar y manipular datos espacio-temporalmente, así como, de integrar y cruzar datos hidrogeológicos. El análisis geológico y geomorfológico de la zona, junto con el estudio espacio-temporal de los manantiales en el entorno inmediato del río Júcar ha permitido establecer tres zonas donde los manantiales presentan diferentes tipologías.

La **Zona I** (Villagordo del Júcar – El Carrasco) se caracteriza por un valle de suaves pendientes ( $p = 0,11\%$ ) que muestra un buen desarrollo de terrazas fluviales. El río Júcar, en este sector, presenta una dirección N-S. Los manantiales que aparecen en esta zona se encuentran asociados a los diferentes tipos de terrazas en cotas muy superiores al nivel piezométrico regional y a la cota del cauce del río. Estos manantiales funcionan como rebosadero natural de acuíferos colgados, dependientes de la precipitación de la zona. Los caudales no superan los 5-10 l/s, y los valores medios de conductividad eléctrica son de unos 750 microSiemens/cm. El río en esta zona se comporta como río perdedor desconectado del acuífero regional, cediendo parte de sus recursos (a través de los materiales semipermeables del fondo del cauce del río) mediante el denominado “efecto ducha”.

En la **Zona II** (El Carrasco – Valdeganga) el río Júcar adquiere una orientación E-O. Durante toda esta área el río Júcar discurre por materiales Terciarios (Mioceno-Plioceno) y Cuaternarios, con escaso desarrollo de terrazas fluviales. Este hecho condiciona la escasez de manantiales de acuíferos colgados presentes en estos materiales. En esta zona el río Júcar aumenta su pendiente ( $p = 0,14\%$ ) actuando como dren del acuífero Mioceno de la Mancha Oriental. Los manantiales actuales de esta zona aparecen aguas abajo del paraje conocido como Cuasiermas con caudales que pueden llegar a los 500 l/s y valores medios de conductividad eléctrica de 900 microSiemens/cm. La explotación intensiva del acuífero Mioceno ha provocado una reducción de la descarga del Acuífero Mioceno al río Júcar lo cual puede haber producido un secado de manantiales en el tramo El Carrasco – Cuasiermas, los cuales no volverán a fluir hasta que el nivel piezométrico regional recupere sus niveles originales.

La pendiente del río Júcar en la **Zona III** (Valdeganga – El Molinar) aumenta considerablemente ( $p = 0,20\%$ ) conformando un estrecho valle comprimido entre profundos escarpes (hoces del Júcar). Los materiales que afloran a lo largo del cauce son las calizas del río Júcar, que se encuentra por encima del nivel piezométrico regional, los materiales mesozoicos (Cretácicos) sobre los Neógenos, como sustrato del río Júcar. La mayoría de los manantiales que afloran en esta zona se encuentran a cotas muy superiores a las cotas del fondo del río Júcar y del nivel piezométrico regional. Al igual que en la primera zona definida, los manantiales funcionan como rebosadero natural de acuíferos colgados existentes en este caso en los materiales carbonatados del Mioceno y del Cretácico superior. Los caudales que muestran estos manantiales son inferiores a los 5-10 l/s y gran parte de ellos son estacionales, secándose la mayoría durante los últimos años debido al descenso pluviométrico general de la zona. Los valores medios de conductividad eléctrica encontrados en estos materiales es de unos 700 microSiemens/cm.

Los manantiales y fuentes naturales constituyen un recurso ambiental de alto interés que es necesario conocer y resaltar desde el punto de vista científico. Este trabajo ha servido para categorizar los distintos tipos de manantiales presentes en el entorno del río Júcar lo cual es de vital importancia a la hora de presentar las medidas para su conservación y/o recuperación.



## BIBLIOGRAFÍA

- Brodie, R.; Sundaram, B.; Tottenham, R.; Hosteler, S. y Ransley, T. (2007). *An overview of tools for assessing groundwater-surface water connectivity*. Bureau of Rural Sciences, Camberra.
- CIHS (2009). *Hidrogeología*. Ed.: Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea. FCIHS. Barcelona. 768 p.
- Confederación Hidrográfica del Júcar. (CHJ). (1999). *Convenio para actuaciones de apoyo a la gestión hídrica en la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental*. Informe Interno. (Inéd).
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (1983). *Hidrología Subterránea*. 2ª edición. Ed. Omega. Barcelona. 2 v, 2.350 p.
- Dirección General de Obras Hidráulicas. (DGOH). (1988). *Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar*. Informe Interno. (Inéd).
- Dirección General de Obras Hidráulicas. (DGOH). (1993) *Estudio de seguimiento de impacto de las extracciones de aguas subterráneas en los acuíferos de la Mancha Oriental y los caudales del río Júcar*. Informe Interno. (Inéd).
- Fernandez, A. (1996). *Geomorfología del cañón del río Júcar en la comarca de la Manchuela. (Albacete)*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid.
- Fernández, A.; García del Cura, M.A.; González Martín, J.A. y Ordoñez, S. (1996). Edificios tobáceos actuales en el cauce del río Júcar (Provincia de Albacete). *Geogaceta* 20(2). p. 281-286.
- Font, E. (2004). *Colaboración en el desarrollo y aplicación de un modelo matemático distribuido de flujo subterráneo de la Unidad Hidrogeológica 08.29 Mancha Oriental, en las provincias de Albacete, Cuenca y Valencia*. Memoria del Ejercicio Final de Carrera, 201p. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en <http://www.chj.es/web/pdf/MEMORIAPFCOPH.pdf>
- García Abbad, F.J. (1975). *Los alrededores del pantano de Alarcón*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Giménez Fenández, R. y Martín Chivelet, J. (1990). Paleogeografía del Cretácico Superior en la zona oriental de Albacete. *Jornadas sobre el medio natural albacetense*, v. I, p. 133-138.

- Instituto Geológico y Minero de España. (IGME). (1973). *Estudio Hidrogeológico de la comarca Cazorla - Hellín - Yecla*. Informe Interno. (Inéd).
- Instituto Geológico y Minero de España. (IGME). (1979). *Investigación hidrogeológica de la cuenca alta de los ríos Júcar y Segura*. Informe Interno. (Inéd).
- Instituto Geológico y Minero de España. (IGME). (1980). *El sistema hidrogeológico de Albacete (Mancha Oriental). Sus recursos en aguas subterráneas, utilización actual y posibilidades futuras*. Ed. IGME. (Inéd).
- Instituto Geológico y Minero de España. (IGME). (1984). *Resultados de los aforos realizados en la red hidrométrica del río Júcar en octubre de 1983 y enero de 1984*. Informe Interno. (Inéd).
- Instituto Geológico y Minero de España. (IGME). (1988). *Estudio de la explotación de aguas subterráneas en el acuífero de la Mancha Oriental y su influencia sobre los caudales del río Júcar*. Informe Interno. (Inéd).
- Martínez Alfaro, P. E.; Castaño, S. y Martínez Santos, P. (2006). *Fundamentos de hidrogeología*. Madrid: Mundi-Prensa. 284 pp.
- Pérez González, A. (1982). *Neógeno y Cuaternario en la Llanura Manchega*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Robles, F. (1970). *Estudio estratigráfico y paleontológico del Neógeno continental de la cuenca del río Júcar*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Rodríguez Estrella, T. y Quintana García, J. (1990). La sobreexplotación de las aguas subterráneas en la unidad hidrogeológica de Albacete. (Mancha Oriental). "Al-Bassit". *Revista de estudios albacetenses*. 27: 41-63.
- Santos García, J.A. (1984). Síntesis litoestratigráfica de la cuenca del Júcar (Albacete), a partir de análisis tectosedimentario. *Boletín Geológico y Minero*, v. XCV-V, p. 429-439.
- Sanz, D. (2005). *Contribución a la caracterización geométrica de las unidades hidrogeológicas que integran el sistema de acuíferos de la Mancha oriental*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid. Disponible en <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/geo/ucm-t28173.pdf>
- Sanz, D.; Gómez-Alday, J.J. y Castaño, S. (2007). Geometría y distribución espacial de la transmisividad en el Acuífero Mioceno del Sistema Mancha Oriental (Cuenca del Júcar). *Geogaceta* 43:75-78
- Sanz, D.; Gómez-Alday, J.J.; Castaño, S.; Moratalla, A.; De las Heras, J. y Martínez Alfaro, P.M. (2009). Hydrostratigraphic framework and hydrogeological behaviour of the Mancha Oriental System (SE Spain). *Hydrogeology Journal* 17:1375-1391.

- Sanz, D.; Castaño S.; Cassiraga, E.; Sauquillo, A.; Gómez-Alday, J.J.; Peña, S. y Calera, A. (2011). Modeling aquifer-river interactions under the influence of groundwater abstractions in the Mancha Oriental System. *Hydrogeology Journal* 19: 475–487.
- Vilas, L. (1990). Algunos aspectos de la geología de la provincia de Albacete. *Jornadas sobre el medio natural albacetense*, v. I, p. 33-41.
- Villar García, M.V. (1989). *El triásico del sector Alpera-Montealegre del Castillo*. Eds. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete. 190p.
- Winter, T.C.; Harvey, J.W.; Franke, O.L. y Alley, W.M. (1998). *Groundwater and Surfacewater. A single resource*. USGS, Denver Colorado, USA.