

PROYECTO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA  
HIDROGEOLÓGICA DE LAS UNIDADES 05.01 SIERRA DE CAZORLA,  
05.02 QUESADA-CASTRIL, 07-07 SIERRAS DE SEGURA-CAZORLA  
Y CARBONATADO DE LA LOMA DE ÚBEDA



TOMO IV  
HIDROGEOLOGÍA



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA



Instituto Geológico  
y Minero de España



Ministerio de  
Medio Ambiente

**HIDROGEOLOGÍA**  
**TOMO IV**

**TOMO IV**

**HIDROGEOLOGÍA**

## ÍNDICE

<b>6. HIDROGEOLOGÍA</b> .....	85
<b>6.1. UNIDAD DE CAZORLA (05.01)</b> .....	85
<b>6.1.1. Subunidad de Beas de Segura</b> .....	87
6.1.1.1. Inventario de puntos de agua.....	87
6.1.1.2. Redes de control. Definición y descripción .....	89
6.1.1.2.1. Red hidrométrica .....	89
6.1.1.2.2. Red piezométrica .....	90
6.1.1.2.3. Red de calidad .....	90
6.1.1.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales.....	91
6.1.1.4. Funcionamiento hidrogeológico.....	91
6.1.1.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica.....	91
6.1.1.4.2. Piezometría.....	93
6.1.1.5. Parámetros hidráulicos.....	94
6.1.1.6. Características físico-químicas.....	94
6.1.1.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas.....	94
6.1.1.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas.....	97
6.1.1.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones.....	98
6.1.1.8. Balance hídrico.....	100
<b>6.1.2. Subunidad de Cazorla</b> .....	104
6.1.2.1. Inventario de puntos de agua.....	104
6.1.2.2. Redes de control. Definición y descripción .....	106
6.1.2.2.1. Red hidrométrica .....	107
6.1.2.2.2. Red piezométrica .....	109
6.1.2.2.3. Red de calidad .....	110
6.1.2.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales.....	111
6.1.2.4. Funcionamiento hidrogeológico.....	113
6.1.2.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica.....	113
6.1.2.4.2. Piezometría.....	119
6.1.2.5. Parámetros hidráulicos.....	124
6.1.2.6. Características físico-químicas.....	125
6.1.2.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas.....	125
6.1.2.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas.....	127
6.1.2.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones.....	129
6.1.2.8. Balance hídrico.....	131
<b>6.2. UNIDAD DE QUESADA-CASTRIL (05.02)</b> .....	144
<b>6.2.1. Inventario de puntos de agua</b> .....	146
<b>6.2.2. Redes de control. Definición y descripción</b> .....	148
6.2.2.1. Red hidrométrica .....	148
6.2.2.2. Red piezométrica .....	150
6.2.2.3. Red de calidad .....	151

6.2.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales .....	152
6.2.4. Funcionamiento hidrogeológico .....	153
6.2.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica.....	153
6.2.4.2. Piezometría.....	161
6.2.5. Parámetros hidráulicos .....	163
6.2.6. Características físico-químicas.....	164
6.2.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas.....	164
6.2.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas .....	169
6.2.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones.....	170
6.2.8. Balance hídrico .....	172
6.3. UNIDAD ANTIGUA DE SIERRA DE SEGURA-CAZORLA (07.07) .....	192
6.3.1. Inventario de puntos de agua .....	194
6.3.2. Redes de control. Definición y descripción .....	195
6.3.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales .....	210
6.3.4. Funcionamiento hidrogeológico .....	217
6.3.5. Parámetros hidráulicos .....	332
6.3.6. Características físico-químicas.....	334
6.3.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones.....	369
6.3.8. Balance hídrico .....	380
6.4. CARBONATADO DE LA LOMA DE ÚBEDA.....	397
6.4.1. Inventario de puntos de agua .....	397
6.4.2. Redes de control. Definición y descripción .....	399
6.4.2.1. Red hidrométrica .....	400
6.4.2.2. Red piezométrica .....	400
6.4.2.3. Red de calidad .....	401
6.4.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales .....	402
6.4.4. Funcionamiento hidrogeológico .....	403
6.4.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica.....	403
6.4.4.2. Piezometría.....	408
6.4.5. Parámetros hidráulicos .....	412
6.4.6. Características físico-químicas.....	413
6.4.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas.....	413
6.4.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas .....	420
6.4.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones.....	423
6.4.8. Balance hídrico .....	425

## **6. HIDROGEOLOGÍA**

### **6.1. UNIDAD DE CAZORLA (05.01)**

Pertenecen a esta unidad todos los relieves calizo-dolomíticos de las sierras de Cazorla y Las Cuatro Villas, con cotas próximas a los 2.000 metros (El Gilillo, El Blanquillo, etc.), y las serranías septentrionales, próximas a Beas de Segura, cuyas cotas no superan los 1.300 metros. Sus alineaciones montañosas, de dirección SO-NE, configuran la divisoria de aguas entre la Cuenca Hidrográfica del Alto Guadalquivir y la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir Medio. Destaca en la Cuenca Hidrográfica del Alto Guadalquivir el embalse del Tranco con 500 hm<sup>3</sup> de capacidad, en la Cuenca del Guadalquivir medio se encuentra regulada por embalses de menor capacidad. La red hidrográfica de la Unidad se encuentra muy encajada y jerarquizada, los ríos más importantes son el Guadalquivir, que discurre paralelo al borde oriental de la Unidad, y los ríos Aguascebas, Beas y Quesada que atraviesan la Unidad en dirección este – oeste.

Esta Unidad Hidrogeológica se encuentra dentro del dominio Prebético externo de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas y se divide en dos subunidades hidrogeológicas coincidentes con las dos unidades geológicas en las que se divide el Prebético externo de la zona.

El límite occidental de la Unidad está constituido por el borde de los afloramientos mesozoicos de la Sierra de Cazorla, coincidentes en su mayor parte con el frente de cabalgamiento del Prebético sobre el neógeno de la Depresión del Guadalquivir, mientras que el límite oriental lo conforman los materiales triásicos impermeables, fundamentalmente, de la Formación Hornos-Siles, que constituyen una barrera impermeable con la Unidad 05.02 (Quesada-Castril).

Los afloramientos triásicos constituyen una barrera impermeable que coincide con la falla del Alto Guadalquivir, cuyo extremo meridional conforma el límite entre la

Unidad de Cazorla y la de Quesada-Castril, que no está precisando el grado de conexión entre unidades puesto que no afloran materiales triásicos entre medias.

La falla de Tiscar constituye un límite tectónico e individualiza materiales cretácicos, situados al Sur de la misma, similares a los de la sierra de Quesada. Sin embargo, estos afloramientos se incluyen en la Unidad de Cazorla.

La conexión entre los materiales permeables que rodean a estos afloramientos está aún por concretar. El límite norte de la unidad es difícil de precisar ya que existe continuidad hidrogeológica con las estructuras de la divisoria del Guadalquivir-Segura-Júcar, este sector de la unidad debería ser considerado como intercuenca.

La poligonal vigente de la Unidad de Cazorla en la Cuenca del Guadalquivir está definida por los vértices cuyas coordenadas UTM para el huso 30 son las siguientes:

VÉRTICE	COORD. X	COORD. Y
1	545798,75	4259771,00
2	530409,50	4249889,00
3	518092,88	4217342,00
4	510524,19	4207048,00
5	498457,12	4176460,00
6	493273,75	4177923,50
7	498749,69	4227969,00
8	545619,50	4288009,00
9	545758,75	4259771,00

La Unidad Hidrogeológica en su conjunto tiene una extensión de unos 600 km<sup>2</sup> y su área de recarga es algo inferior a los 350 km<sup>2</sup>, con unos recursos estimados entre 90 y 100 hm<sup>3</sup>/año (ITGE-Universidad de Granada, 1991).

### 6.1.1. Subunidad de Beas de Segura

Esta Subunidad de 213 km<sup>2</sup> de extensión y 113 de superficie de afloramientos permeables, coincide con la unidad geológica del mismo nombre, caracterizada por una alternancia de arcillas y arcillitas con carbonatos jurásicos. Posiblemente una gran parte de estas alternancias tienen un origen tectónico por superposición de escamas, diferenciándose estructuralmente de las escamas de la unidad geológica de Cazorla por su menor buzamiento.

El límite occidental y oriental son claros y están definidos por el frente de cabalgamiento sobre los materiales del Mioceno medio de la Depresión del Guadalquivir y el de la Sierra de Cazorla sobre la Subunidad de Beas respectivamente.

Su importancia en cuanto a recursos no está bien evaluada, pero se supone que debe ser limitada debido a la elevada proporción de materiales impermeables (algo más del 50 % de los materiales aflorantes). Teniendo en cuenta esto último y que existe una elevada compartimentación en la Subunidad provocada por su estructura en escamas, se explica la existencia de un elevado número de manantiales de caudal inferior normalmente a los 2 l/s.

#### 6.1.1.1. Inventario de puntos de agua

En la Subunidad de Beas, según la Base de Datos de Puntos de Agua del ITGE hay inventariados 157 puntos, de los cuales, el 66% son manantiales (103 manantiales) y los 54 puntos restantes son sondeos.

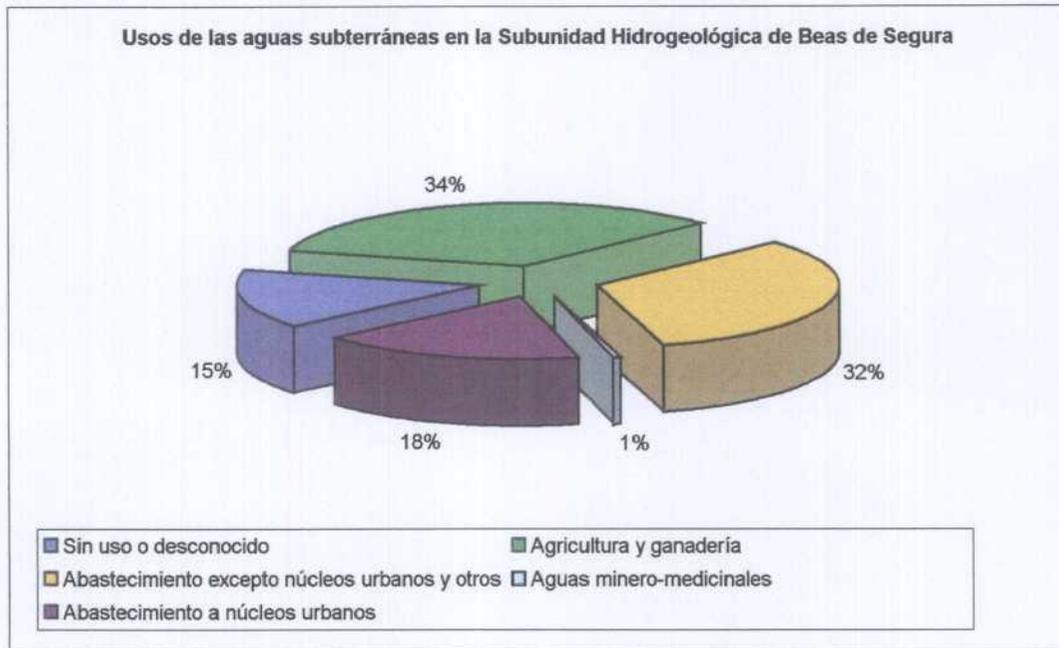
La cota de los manantiales oscila entre 430 m s.n.m. como mínima y 1.040 m s.n.m. como máxima. En el siguiente gráfico se observa la frecuencia de las cotas de los manantiales.



El caudal de los mananciales es en general inferior a los 5 l/s aunque hay inventariados 5 con un caudal superior a los 10 l/s cuya cota oscila entre los 775 y 880 m.

Los sondeos tienen una profundidad que oscila entre 40 y 330 m. El método empleado en tres cuartas partes de las perforaciones es la rotopercusión, le sigue la percusión en cuanto a frecuencia de empleo con un 16% del total de las perforaciones. El diámetro de perforación en la mayoría de los sondeos oscila entre los 200 y 300 mm.

Los usos de las aguas subterráneas de la subunidad se observan en el siguiente gráfico que no tiene, por tanto, relación con los caudales utilizados. Se observa que entre los usos dados a los puntos inventariados las actividades más frecuentes son las agrícolas, ganaderas y abastecimientos que no sean a núcleos urbanos los cuales, a su vez, también contribuyen en actividades agrícolas y ganaderas.



#### 6.1.1.2. Redes de control. Definición y descripción

En la Subunidad de Beas, con anterioridad a la realización de este PAIH, no se ha definido una red de control, siendo uno de los objetivos de este Proyecto implantar y controlar una serie de puntos con el fin de profundizar en su conocimiento hidrogeológico. Así mismo, también se ha realizado una campaña flash de control de calidad.

##### 6.1.1.2.1. Red hidrométrica

Las características hidrogeológicas, comentadas en el epígrafe correspondiente, no favorecen la presencia de manantiales con caudales de consideración, siendo más adecuado, a tenor del análisis realizado sobre el inventario de puntos de agua, el control de algunos cauces que son más interesantes a priori, con el fin de verificar el volumen de agua que el acuífero cede al río. El período de control se ha extendido entre junio de 1.996 y septiembre de 1.997, un número total de tres puntos se relacionan a continuación.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS	NATURALEZA
21354B/A	Río Beas	5	Cauce
213580010	Arroyo de Gútar	4	Manantial
223510048	El Sestero	1	Manantial

#### 6.1.1.2.2. Red piezométrica

El control piezométrico se ha realizado entre octubre de 1.996 y octubre de 1.997. Los puntos que se han controlado se relacionan a continuación.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS
223510063	Peñolite	4
213660017	Mogón (SGOP)	4
213660021	Batanejo (SGOP)	4

#### 6.1.1.2.3. Red de calidad.

Los puntos controlados entre febrero de 1.997 y octubre de 1.997 han sido los siguientes.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MUESTRAS
213580010	Arroyo de Gútar	3
223510048	El Sestero	3

Así mismo, en esta Subunidad se ha realizado una campaña flash de calidad entre agosto y octubre de 1.996 con objeto de tener una visión más amplia de la calidad en las aguas en este acuífero, habiéndose recogido en total cinco muestras.

### 6.1.1.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales

La Subunidad se encuentra limitada a muro por los materiales acuicludos del Triás, los cuáles están constituidos fundamentalmente por arcillas yesíferas. Las arcillas mesozoicas también son acuicludos y son responsables de la elevada compartimentación del acuífero junto con los procesos tectónicos. El material acuífero esta constituido por los niveles de carbonatos del Jurásico debido a su porosidad secundaria, generada por procesos de paelokarstificación, karstificación y fisuración.

Además, la elevada proporción de materiales impermeables intercalados provoca una gran compartimentación llegando el acuífero a comportarse como multicapa en algunas zonas. Este hecho junto a lo ya explicado provoca la existencia de un elevado número de manantiales, en general, de escaso caudal.

### 6.1.1.4. Funcionamiento hidrogeológico

#### 6.1.1.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica

Esta Subunidad se identifica con los afloramientos dolomítico – arcillosos del Lías inferior, pertenecientes a la Formación Beas de Segura (López Garrido, 1971), dispuestos en un apilamiento de escamas vergente al NE.

Su litología está compuesta por un tramo basal, de unos 70 - 80 m de potencia, en el que se pueden diferenciar tres barras de dolomías tableadas separadas por dos bancos de margas y arcillas verdes y rojas, y otro superior, de 60 a 120 m de espesor, en el que predominan los materiales blandos sobre los calcáneos.

Culmina esta formación, bien con arenas y arcillas de la Formación Utrillas (Aptiense – Albiense), o con depósitos calcáneos y/o margosos del Mioceno medio – superior.

Geoméricamente la Subunidad está limitada en todo el borde septentrional por las arcillas triásicas, mientras que al oeste y sur, se encuentra solapada por sedimentos del Cretácico y Mioceno bajo los cuales la subunidad se prolonga en dirección a la Loma de Úbeda y Valle del Guadalquivir. En la parte oriental es cabalgada por las escamas de la Subunidad Sierra de Cazorla, la continuidad bajo estas escamas debe ser reducida ya que, aparentemente, la rampa frontal del cabalgamiento corta la secuencia infrayacente.

Internamente la Formación Beas de Segura está estructurada en una secuencia monoclinall buzante al SE, que se encuentra afectada por una serie de escamas, que toman como nivel de despegue la base de la Formación y la superponen en unos casos sobre los niveles arcillo - margosos liásicos, en otros sobre la Formación Utrillas, o los sedimentos miocenos y, en alguna ocasión, la base está conformada por las arcillas triásicas de facies germano-andaluz, como ocurre al O de Villanueva del Arzobispo y en el propio cauce del río Guadalquivir.

Los principales efectos de esa estructuración en escamas se manifiestan en el incremento de la potencia de las dolomías que conforman el acuífero, y en la creación de discontinuidades internas que se traducen en la compartimentación del tramo dolomítico.

Según la naturaleza litológica, la disposición estructural, la frecuencia y espesor de estas discontinuidades, en esta Subunidad se han diferenciado dos acuíferos:

- Acuífero Beas de Segura, con una extensión total de 135 km<sup>2</sup>, de los cuales tan sólo 54 km<sup>2</sup> son permeables, debido al predominio de intercalaciones margo – arcillosas sobre las carbonatadas (60 – 40 %).
- Acuífero Sierra de las Villas. En este acuífero predominan los materiales dolomíticos sobre las intercalaciones margo – arcillosas, ocupando una superficie total de 78 km<sup>2</sup>, de los que 59 km<sup>2</sup> corresponden a los afloramientos permeables.

El límite entre ambos acuíferos viene definido por un nivel impermeable continuo de naturaleza, arcillo – margosa, localizado a media ladera de la sierra, que posibilita la aparición de una importante surgencia.

#### 6.2.1.4.2. Piezometría

La complejidad estructural (estructuración en escamas), conjuntamente con la segmentación de los afloramientos carbonatados por niveles arcillo – margosos intercalados, induce a que la piezometría presente bruscos cambios de cota y sin continuidad.

En el acuífero Beas de Segura hay una gran dispersión en las cotas de surgencia de los manantiales y posición del nivel estático en sondeos, con valores comprendidos entre 600 y 900 m, ubicándose los más bajos en las inmediaciones del río Beas, que constituye el principal eje de drenaje del conjunto permeable.

Las descargas principales se localizan en el cauce del río Beas que circula transversalmente dividiendo el acuífero en dos partes. En el borde meridional, se encuentra al manantial de Gútar (213580010), con un caudal de 23 l/s, ubicado a la cota 880 m, mientras que en la parte norte, se localiza el manantial Fuente Cañamares (223510001), que surge a la cota 710 m, con caudal de 2 a 8 l/seg.

Esta distribución piezométrica sugiere que el flujo de agua tiene varias componentes. Tanto en la parte N como en la S, deben existir sendas divisorias hidrogeológicas entre el eje de drenaje del río Beas y las surgencias citadas. Quedarían así delimitadas las áreas de alimentación de las tres zonas de descarga definidas, en las que el agua tendría un movimiento de componente N, S, y hacia el río Beas, respectivamente

En el acuífero Sierra de las Villas también se registran importantes variaciones del nivel piezométrico, pasando en una distancia de 4,5 km, desde los 760 m en las

proximidades de Villanueva del Arzobispo, a la cota 450 m, en el cauce del río Guadalquivir. El gradiente hidráulico que resulta es del 6,8% en sentido SE, y con una posible divisoria hidrogeológica entre ambos puntos. La cota mínima del nivel piezométrico es 420 m, medida en sondeos situados en las proximidades del lugar donde el río sale del acuífero, que corresponde, además, con la zona topográficamente mas baja del acuífero.

Con este esquema piezométrico, la dirección general de flujo subterráneo sería de componente S – SE, en dirección al río Guadalquivir si bien, cerca del borde y a favor de la posible divisoria antes mencionada, puede existir una zona con sentido de flujo hacia la Loma de Úbeda, aunque este extremo no ha podido ser confirmado.

#### 6.1.1.5. Parámetros hidráulicos

La información disponible se reduce a tres ensayos de bombeo, cuyas interpretaciones arrojan resultados dispares.

En el acuífero Beas de Segura y en concreto en el sondeo Peñolite I (22351063), se ha obtenido una transmisividad de 100 m<sup>2</sup>/día, para 8 l/s de caudal máximo de ensayo. Por su parte, en el acuífero Sierra de las Villas se han calculado transmisividades de 1.135 y 70 m<sup>2</sup>/día, en los sondeos 21363002 y 21363003, respectivamente.

#### 6.1.1.6. Características fisico-químicas

##### 6.1.1.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas

Para la caracterización hidroquímica de las aguas del acuífero se han utilizado esencialmente 35 análisis químicos de las aguas de esta Subunidad, de los que 23 corresponden al acuífero de Beas de Segura (realizados en 1 sondeo y 15 manantiales) y 12 al de Sierra de Las Villas (en 3 manantiales y 5 sondeos), todos ellos posteriores a

1.991. Los análisis más antiguos (en su mayoría de 1.967) sólo se han utilizado como apoyo, en determinados casos, para la caracterización de otros acuíferos limítrofes o puntos concretos en que no había información más reciente.

La información disponible se muestra en sendas tablas que reflejan respectivamente las características generales de los puntos de muestreo, los resultados analíticos y la caracterización general de las aguas (tablas 2.1 a 2.3 del Anejo de Hidroquímica). Así mismo se han representado los datos en diagramas de Piper (uno general para la Subunidad Hidrogeológica y otro para cada acuífero), diagramas de los parámetros D'Amore para cada análisis, gráficos de correlación de la conductividad con cada uno de los aniones mayoritarios y de diversos aniones o cationes entre sí, y, en los puntos con más de 8-10 análisis, gráficos de evolución temporal de los aniones y cationes mayoritarios, correspondientes al período 1.989/1.997 (gráficos 2.1 a 2.3 del Anejo de Hidroquímica).

DIAGRAMA DE PIPER  
ACUÍFEROS DE LA SUBUNIDAD DE BEAS DE SEGURA

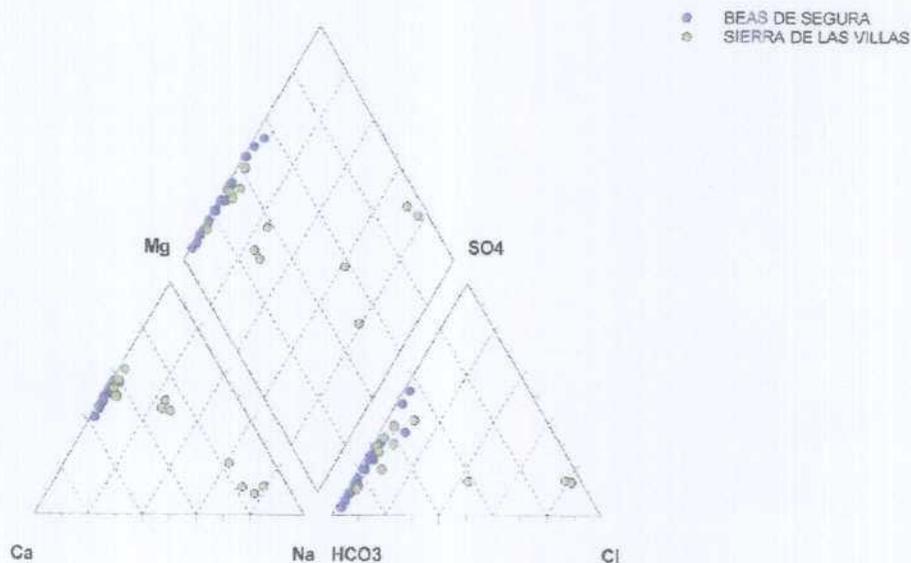


Diagrama de Piper de la Subunidad de Beas de Segura

En esta Subunidad las aguas presentan una salinidad variable de media a alta o localmente muy alta, con conductividades comprendidas generalmente entre 500 y 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , si bien en algunos puntos se superan ampliamente estos valores, llegando hasta 16400 en el manantial de los Baños del Saladillo (213670037). Las facies hidroquímicas son variables desde bicarbonatadas (cálcicas o magnésicas y ocasionalmente sódicas) hasta sulfatadas cálcicas o cloruradas sódicas. Los componentes mayoritarios presentan también, lógicamente, amplios rangos de variación en los análisis disponibles: desde 4 a 3.800 mg/l los cloruros, 28 a 920 mg/l para los sulfatos, de 1 a 2.457 mg/l para el sodio, 36 a 385 mg/l para el calcio, etc.

Para precisar más en la caracterización de las aguas hay que considerar las características constructivas y situación relativa de las diversas captaciones y así, para los distintos acuíferos, cabe precisar los siguientes rasgos más característicos:

1) En el acuífero de Beas de Segura las aguas analizadas son bicarbonatadas cálcicas o magnésicas y más excepcionalmente sulfatadas-bicarbonatadas magnésicas y de conductividad media o alta, inferior siempre a 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los contenidos analizados en los diversos iones son típicos de aguas subterráneas, con valores siempre inferiores a 475 mg/l de bicarbonatos, 250 mg/l de sulfatos, 25 mg/l de cloruros, 10 mg/l de sodio, 75 mg/l de magnesio y 110 mg/l de calcio. El contenido en nitratos está comprendido entre 8 y 52 mg/l, aunque generalmente se superan los 20 mg/l, probablemente por influencia de las actividades agrícolas sobre los afloramientos del acuífero. Los diagramas D'Amore (gráficos 2.2 del Anejo de Hidroquímica) muestran una forma característica de aguas que han circulado por calizas más o menos dolomitizadas, con fuerte valor negativo del parámetro "D", aunque en ocasiones se aprecia ya una cierta influencia de materiales evaporíticos que provoca el descenso del parámetro "A" (como sucede en varios manantiales), alcanzando incluso valores negativos (caso del sondeo 223510066, con aguas sulfatadas bicarbonatadas magnésicas). Ello es normal si se considera la estructura de la Unidad, afectada por numerosas escamas cuyo nivel de despegue son materiales margo-arcillosos.

2) En el acuífero de Sierra de Las Villas la variabilidad del agua es mucho más patente, y se pueden distinguir varios grupos de aguas: desde manantiales típicos de circulación por materiales calizo dolomíticos similares a los del acuífero de Beas de Segura, que presentan conductividades de 520 a 680  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y facies bicarbonatadas magnésico-cálcicas, hasta otros de conductividad muy elevada y facies claramente cloruradas sódicas, como es el caso del manantial de Los Baños del Saladillo (213670037) cuya conductividad es de 10.500 y 16.360  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en dos análisis realizados en diferentes fechas. Este punto es claramente anómalo en el contexto de la Subunidad, y podría tener relación con materiales salinos asociados a alguna de las fallas inversas que afectan al acuífero, que provocan un enriquecimiento en sodio típico de materiales margo-arcillosos. Los sondeos muestreados en este acuífero presentan conductividades intermedias entre las anteriores comprendidas entre 730 y 2.930  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y a pesar de situarse todos muy próximos entre sí junto al extremo meridional del acuífero, sus facies son también muy variables, correspondiendo las típicas bicarbonatadas magnésico-cálcicas a los de menor conductividad, facies bicarbonatadas sódicas al de conductividad intermedia y cloruradas bicarbonatadas sódicas al de mayor conductividad. En estos dos últimos podría existir una mezcla de aguas de infiltración con otras similares a las reseñadas para el manantial de los Baños del Saladillo. Los contenidos en nitratos son siempre inferiores a 50 mg/l y en la mayoría de los puntos inferiores a 25 mg/l.

#### 6.1.1.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

El acuífero principal de la Subunidad de Beas de Segura se puede considerar muy vulnerable a la contaminación en sus afloramientos, al tratarse de un material con permeabilidad por fisuración y karstificación.

En las encuestas municipales de focos de contaminación realizadas para el Proyecto, cuya tabla-resumen se incluye en el Anejo de Hidroquímica (tabla nº 5), no se

ha detectado ningún foco potencial de contaminación cuya afección pueda ser significativa en el ámbito de esta Subunidad, por lo que las principales actividades que podrían afectar a la calidad de las aguas serían las actividades agrícolas o la ganadería extensiva sobre los afloramientos del acuífero.

El análisis de nitratos en las aguas subterráneas realizado para el proyecto entre noviembre/diciembre de 1.998, cuyos resultados se resumen en la tabla nº 6 (Anejo de Hidroquímica), incluye 6 puntos en el acuífero de Beas de Segura (todos manantiales) y 4 en el de Sierra de Las Villas (3 manantiales y el sondeo 213660015), cuyas concentraciones en nitratos son a veces superiores a las antes reseñadas con carácter general para estos acuíferos: en efecto, en el manantial 223510001 del acuífero de Beas y destinado a riego se alcanzan 66 mg/l de nitratos, y en dos puntos de Sierra de Las Villas se elevan a 80 mg/l (en el manantial 213580006 utilizado en parte para abastecimiento) y a 290 mg/l (sondeo antes citado, que se utiliza para riego). Dichos valores pueden indicar una clara contaminación local, especialmente en el caso del sondeo, cuyas causas habría que explicar con un estudio detallado del área. Las concentraciones en nitritos y amonio, también analizadas en dicho muestreo, son nulas en todos los puntos de muestreo.

#### 6.1.1.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones

En esta Subunidad Hidrogeológica las principales actividades dependientes del agua se limitan al abastecimiento urbano y al regadío de cultivos hortícolas y de olivar.

Los núcleos urbanos que utilizan recursos de la Subunidad para su abastecimiento son Beas de Segura, Arroyo del Ojanco, Villanueva del Arzobispo, Puente Génave y su pedanía Peñolite, que en conjunto totalizan 17.706 habitantes.

Aplicando una dotación de 210 l/h y día, apropiada para el abastecimiento de núcleos rurales sin implantación industrial, se obtiene una demanda de 1,35 hm<sup>3</sup>/año, que actualmente se encuentra cubierta, fundamentalmente por manantiales, si bien en los

últimos años se está procediendo a la apertura de numerosos sondeos, para complementar y disponer de captaciones de emergencia para los abastecimientos urbanos. Se tiene en proyecto instalar unas perforaciones realizadas en el acuífero Sierra de las Villas, en las proximidades de Mogón, para el suministro de agua a la Loma de Úbeda.

La actividad agrícola dentro de la Subunidad es poco importante, como corresponde a una zona eminentemente montañosa donde el terreno apto para el cultivo escasea y la climatología suele ser adversa. No ocurre lo mismo en sus bordes, sobre todo en el occidental, donde se desarrollan importantes superficies de olivar que aprovechan los manantiales existentes.

La superficie regada de cultivos hortícolas asciende a unas 270 ha, y se concentra en las márgenes del río Beas, mientras que el olivar de regadío abarca una superficie indeterminada.

La demanda de agua para la agricultura se ha estimado asignando una dotación de 7.000 m<sup>3</sup>/ha y año a la superficie de huerta, resultando un volumen anual de 1,89 hm<sup>3</sup>. No se dispone de datos sobre la superficie y dotaciones del olivar bajo riego, sin embargo de la información verbal obtenida en la zona, se deduce que se emplea un volumen elevado, bastante superior a 1 hm<sup>3</sup>/año.

Con lo expuesto anteriormente, la demanda de agua total en la Subunidad se estima en 4,25 hm<sup>3</sup>/año, volumen considerado como valor mínimo. En el futuro se prevé una tendencia al alza, a juzgar por la continuada apertura de nuevos sondeos en el borde occidental del acuífero de Sierra de Las Villas para el riego de olivar. La distribución de las demandas y usos se presentan en el siguiente cuadro:

ACUÍFERO	USOS Y DEMANDAS DE AGUA DE LA SUBUNIDAD BEAS DE SEGURA							
	ABASTECIMIENTO URBANO				REGADÍO			TOTAL
	Núcleo	Hab.	Demanda	Tomas	ha	Demanda	Tomas	
Beas de Segura	Beas de Segura	5.283	0.73	22355016 M 22355015 M 22355048 M 21354016 M	270 huerta	1.89	Múltiples	2.62
	Arroyo del Ojanco	2.461		22351007 M 22351015 M 21354016 M				
	Puente Génave	1.538		22351063 S				
	Peñolite	341						
Sierra de las Villas	Villanueva del Arzobispo	8.083	0.62	21363002 S 21363003 S	de olivar	> 1	Múltiples	>1.62
<b>TOTAL</b>			1.35			>2.89		>4.24

- (1) Demanda urbana calculada con una dotación de 210 l/hab y día  
(2) Demanda para regadío calculada con una dotación de 7.000 m<sup>3</sup>/has/año  
(3) Valores en hm<sup>3</sup>/año y en hectáreas  
(4) S: sondeo; M: manantial  
\* Núcleo de población que se abastece de varios acuíferos.

#### 6.1.1.8. Balance hídrico

Una de las principales dificultades que se presentan en las unidades hidrogeológicas montañosas a la hora de elaborar el balance es la carencia de información climatológica.

Cuando el relieve es abrupto y los afloramientos permeables se localizan a cotas elevadas, como ocurre en esta Subunidad, es habitual que no existan estaciones meteorológicas. En estos casos es poco fiable basar la evaluación de la recarga, en concepto de percolación de la lluvia, en el cálculo de la lluvia útil, con datos de estaciones situadas a cotas bastante inferiores y normalmente alejadas de las áreas de recarga de los acuíferos.

Por ello y para estimar la magnitud de la recarga de esta Subunidad se ha utilizado el coeficiente de infiltración obtenido en el acuífero de Sierra Seca, que corresponde a un

acuífero de similares características a los de ésta, y es el único dato con cierta fiabilidad en este entorno.

En dicho acuífero se ha estimado un coeficiente de infiltración del 33%, obtenido de la correlación de las salidas registradas durante el período 1996 – 97 con la lluvia media del período 1960 a 1995.

#### ACUÍFERO BEAS DE SEGURA

El acuífero se ha definido sobre un conjunto de afloramientos dolomíticos limitados por materiales de baja permeabilidad, en los que no cabe esperar transferencias hídricas con otras formaciones acuíferas. En este sentido, los elementos que integran su balance corresponde a la alimentación por percolación de precipitaciones, escorrentías, y a unas salidas naturales por manantiales y la extracción en las perforaciones.

##### Alimentación

La evaluación de la recarga por la lluvia se ha hecho partiendo de una precipitación media anual de 900 mm, sobre una superficie de afloramiento permeable de 54 km<sup>2</sup>, y aplicando una tasa de infiltración del 33 %, resulta, así, una percolación de 16 hm<sup>3</sup>/a.

##### Salidas

Para estimar las salidas del acuífero durante el año hidrológico 1996 –97, se ha controlado el caudal del río Beas en la estación 21354B/A, y el manantial Gútar (213580010), haciéndose una asignación alzada para las salidas del resto de los manantiales, en función del caudal asignado en la ficha de inventario.

- Aforos en río Beas: En el río se ha aforado un caudal medio de 543 l/s. Este registro incluye el drenaje en la cabecera del río por los manantiales de la Subunidad de Cazorla, estimado en 90 l/s, por lo que el caudal medio drenado por el acuífero al cauce se evalúa en 453 l/s (14,3 hm<sup>3</sup>/a).
- Aforos en el manantial de Gútar: Caudal medio de 22,3 l/s (0,7 hm<sup>3</sup>/a).
- Otros manantiales (incluidos los captados para abastecimiento urbano): caudal estimado en 16 l/s (0,5 hm<sup>3</sup>/a).

Salidas totales año 1996 –97: 15,5 hm<sup>3</sup>/a.

#### Balance

La diferencia entre entradas y salidas así estimadas, arroja un desfase de 0,5 hm<sup>3</sup>/año, que puede ser atribuible a la escasez e incertidumbre de los datos de partida.

#### ACUÍFERO SIERRA DE LAS VILLAS

El acuífero está independizado del acuífero de Beas de Segura y de las Escamas del Tranco, mediante límites impermeables, por lo que no debe existir transferencia hídrica con ellos. Sin embargo, si que existe continuidad con el acuífero profundo de la Loma de Úbeda (que se extiende ampliamente por el borde norte de la Depresión del Guadalquivir) como se pone de manifiesto con el análisis de los datos piezométricos existentes, que permiten definir un sentido de flujo, desde el primero al segundo.

#### Alimentación

Descartada la alimentación lateral desde otros conjuntos permeables, los recursos del acuífero proceden única y exclusivamente de la percolación de las precipitaciones. Teniendo en cuenta que la precipitación media es de 700 mm/a y que la superficie permeable es de 59 km<sup>2</sup>, se obtiene un volumen medio anual de lluvia de 41,3 hm<sup>3</sup>.

Aplicando el coeficiente de infiltración del 33%, citado anteriormente, resulta una alimentación media de 13,6 hm<sup>3</sup>/a.

### Salidas

Las salidas controladas del acuífero son las siguientes:

- Manantiales: Todos de pequeño caudal. Se estima un volumen total de 0,2 hm<sup>3</sup>/a.
- Sondeos: Para el abastecimiento de Villanueva del Arzobispo se extraen del orden de 0,62 hm<sup>3</sup>/a. Se desconoce la explotación de agua subterránea utilizada para riego; probablemente es superior a 1 hm<sup>3</sup>/a. El volumen total extraído es del orden de 1,62 hm<sup>3</sup>/a como mínimo.

Existen, además, otras salidas no controladas hacia el cauce del río Guadalquivir, donde se localizan los mínimos niveles piezométricos, y hacia el acuífero profundo de la Loma de Úbeda, hacia el cual se ha definido una línea de flujo subterráneo.

La asignación de los recursos que se dirigen hacia una y otra parte, podría determinarse si se conociese la posición de la divisoria hidrogeológica que debe existir entre ambas. Desgraciadamente no existen sondeos en esta zona del acuífero para poder establecer la situación de la divisoria. No obstante hay que hacer constar que en el tramo del río Guadalquivir que atraviesa el acuífero, se observa una importante ganancia de caudal, muy ostensible cuando las compuertas del embalse del Tranco se encuentran cerradas. En trabajos previos (ITGE, 1994b) se ha evaluado un caudal de 600 l/s, incluyendo los aportes de la Subunidad de Cazorla.

## Balance

La diferencia entre las entradas y las salidas controladas arroja un superávit de hasta 11,78 hm<sup>3</sup>/a, que deben estar siendo drenados hacia el cauce del río Guadalquivir y hacia el acuífero profundo de la Loma de Úbeda.

### 6.1.2. Subunidad de Cazorla

Tiene una extensión de 441 km<sup>2</sup> de los que 280 corresponden a materiales permeables, aproximadamente coincidentes con la unidad geológica del mismo nombre. Se diferencia de la unidad de Beas por presentar una secuencia estratigráfica más compleja que la anterior y unos buzamientos mayores en las escamas.

De forma esquemática, su serie consta de una sucesión de niveles arcillosos, carbonatados y detríticos desde el Triásico al Cretácico superior y donde las estructuras en escamas de gran longitud, vergentes hacia el oeste, están interrumpidas por fallas de salto en dirección perpendicular a las mismas.

El límite occidental de la unidad coincide con el denominado accidente del Alto Guadalquivir que permite el afloramiento de sustrato triásico cabalgando hacia el oeste.

La continuación hacia el norte de esta unidad geológica se conoce como acuífero de Bienservida-Alcaraz.

#### 6.1.2.1. Inventario de puntos de agua

La realización de nuevo inventario no se ha llevado a cabo en todas las hojas que componen el Proyecto, centrándose en aquellas donde la actualización es más necesaria dado que en algunos sectores se han realizado con anterioridad otros proyectos de investigación en los que se contemplaba la revisión del mismo.

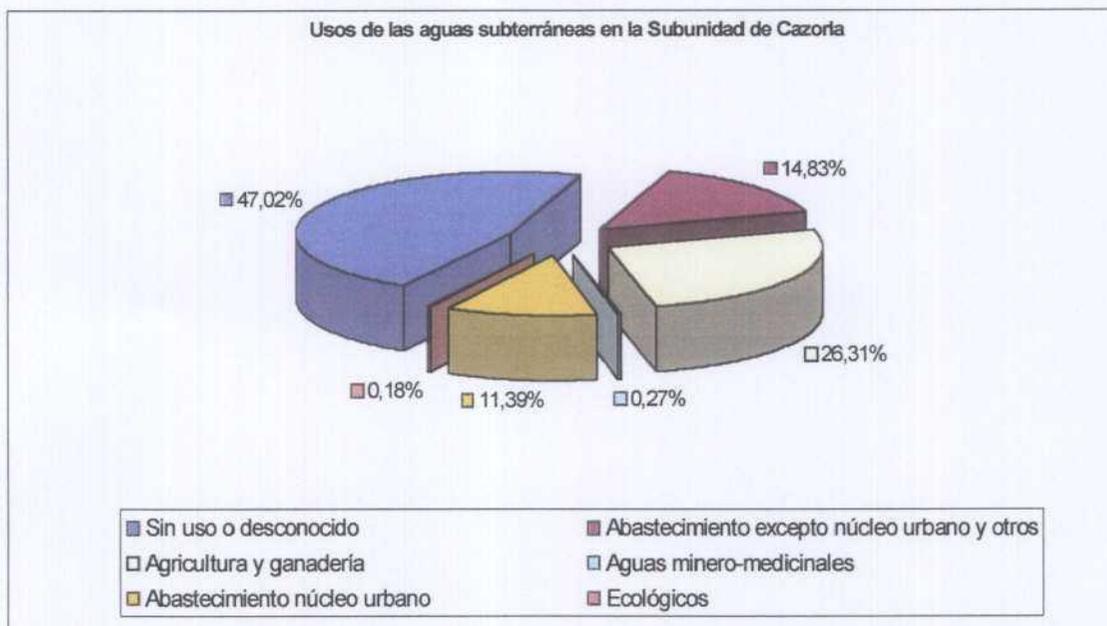


En la actualidad, en la Subunidad de Cazorla, según la Base de Datos de Puntos de Agua del ITGE, hay inventariados un total de 1.107 puntos, la mayoría de los cuales corresponde a manantiales el 88,25% (979 manantiales) y el resto son obras de captación o piezómetros, diferenciándose 90 sondeos, 23 pozos, 13 galerías y un sondeo piezométrico. La cota de los manantiales oscila entre 480 y 1.685 m, y su distribución se observa en el gráfico anterior.

Los datos disponibles sobre caudales indican que sólo aproximadamente una décima parte de los manantiales superarían los 10 l/s, con cotas que oscilan entre los 650 y 1.250 m s.n.m.

Los sondeos tienen unas profundidades que oscilan entre los 31 y 346 metros, pero la mayoría se encuentra en el intervalo 100–200 m. El método de perforación más empleado es la rotoperCUSión (prácticamente un 40% de las obras) por lo que el diámetro medio de perforación en la unidad se sitúa entre los 200 y 300 mm.

Los usos de las aguas subterráneas en la Subunidad se observan en el gráfico siguiente que no representa el porcentaje de uso en los puntos inventariados, no guardando relación con el volumen empleado. Se observa que entre los usos dados a los puntos inventariados las actividades más frecuentes son las agrícolas, ganaderas y abastecimientos que no sean a núcleos urbanos, los cuales, a su vez, también contribuyen en parte a actividades agrícolas y ganaderas. Además también se aprecia la existencia de un elevado número de puntos sin uso o de uso desconocido.



#### 6.1.2.2. Redes de control. Definición y descripción

Uno de los aspectos que contempla este Proyecto es realizar un control sobre una red diseñada para el mismo, con el fin de mejorar el conocimiento de los acuíferos.

Además, también se ha realizado una campaña flash de toma de muestras para su posterior análisis químico para tener de esta forma una visión general de la composición química en el conjunto de las unidades.

## 6.1.2.2.1. Red hidrométrica

Esta Subunidad, al contrario que la Subunidad de Beas o el Carbonatado del Alto Guadalquivir, presenta un gran número de manantiales con suficiente caudal como para controlar su evolución, así como tramos de río con importantes ganancias procedentes de este acuífero.

El periodo de control de caudales va desde mayo de 1.996 a octubre de 1.997 y los puntos que integran la red se relacionan en la siguiente tabla.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS	NATURALEZA
213820036	Vadillo	5	Manantial
22338T/A	Río Turruchel	5	Cauce
223430/A	Río Onsares	5	Cauce
21374G/A	Cerrada de Utrero	5	Cauce
223610013	Huerta Vieja	4	Manantial
22355GMA	Arroyo María	4	Cauce
213770016	Nacerríos	5	Manantial
21373 C/A	Río Cañamares	4	Cauce
21364GAA	Aguascebas Grande	5	Cauce
233310085	La Mesta	2	Manantial
223650001	El Macho	4	Manantial
213830004	Béjar	5	Manantial
21367GAE	Aguascebas Chorrogil	4	Cauce
21368GAD	Aguascebas Fte. del Tejo	4	Cauce
21368GAC	Aguascebas de Gilcobo	5	Cauce
21363GAB	Aguascebas Grande	3	Cauce
223520095	La Parrilla	5	Manantial
223560016	Rambla Camino	5	Manantial
223560018	Guadabraz	5	Manantial
223560008	Puerto Cecilia	4	Manantial
213770001	El Artesón	2	Manantial
223460008	El Tobar	3	Manantial

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS	NATURALEZA
223510045	El Tobón	2	Manantial
223440057	Las Parideras	2	Manantial
213740001	El Sauco	3	Manantial
213740017	Fte. De los Caños	3	Manantial
223460020	Fte. Telesforo	3	Manantial
22346GYA	Ayo. Los Yegüerizos	3	Cauce
21377GJA	Bco. Juanfría	4	Cauce
213770010	El Chorro	2	Manantial
21377GCA	Ayo. De los Cierzos	3	Cauce
213820015	Aguascalientes	3	Manantial

Dada la necesidad de conocer mejor el funcionamiento hidrogeológico de los sectores que presentan mayor volumen de recursos visibles o que tienen algún otro interés hidrogeológico se considera necesario acondicionar los puntos que a continuación se relacionan.

- Aguascebas de la Fuente del Tejo (21368GAD).
- Aguascebas del Chorrogil (21367GAE).
- Cañamares (21373C/A).
- Nacerríos (213770016).
- Río Onsares (223430/A).
- Guadabraz (223560018).
- La Huerta Vieja (223610013, 14, 18, 19).

Estos acondicionamientos se han previsto en el marco del PAIH de Cazorla, pero además, también, se propone el acondicionamiento de otros puntos contemplados en trabajos de investigación realizados con anterioridad por el ITGE.

- Aguascebas de Gilcobo (21368GAC).
- Aguascebas Grande (21363GAB).

- Puerto Cecilia (223560008).
- El Tobón (223510045).

Además, los manantiales de El Vadillo (213820036) y la Parrilla (223520095) cuentan con vertedero y caseta para instrumental, acondicionamiento realizado como parte de otros proyectos del ITGE.

También hay que tener en cuenta que existen escalas limnométricas en el río Guadalquivir, junto a la desembocadura del Arroyo María, en el río Beas, cerca del cortijo de la Manuela y en el río Guazalmanco.

#### 6.1.2.2.2. Red piezométrica

Las posibilidades de control piezométrico no son tan importantes como las hidrométricas dado que el número de sondeos es escaso.

Las medidas de nivel se han realizado entre septiembre de 1.996 y octubre de 1.997, siendo los puntos de control los que a continuación se relacionan.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS
223520110	Yegüerizos	4
213670056	Cortijo del Montón	4
213680031	Cortijo del Alemán	4
213670049	Fresnedilla	4
213670051	Fuente del Milano	1
213680029	Fuente del Tejo	4
223550053	Fuente Pinilla	2
223520109	El Puerto	3
223520106	La Parrilla	3
223520007	Cjo. Contadero	4

## 6.1.2.2.3. Red de calidad

La red de calidad presenta igualmente un número considerable de puntos dada la importante cantidad de manantiales que existe, además de algunos sondeos de ejecución más o menos reciente.

Como el resto de redes se ha pretendido, como es lógico, recoger de la forma más amplia posible las características relacionadas con la calidad de mayor relevancia de los sectores que se ha considerado como más importantes.

Los puntos pertenecientes a esta red se relacionan a continuación.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MUESTRAS
213820036	Vadillo	3
22338T/A	Río Turruchel	3
223640013	Huerta Vieja	3
213770016	Nacerríos	3
21364GAA	Aguascebas Grande	3
233310085	La Mesta	2
223650001	El Macho	3
213830004	Béjar	3
21367GAE	Aguascebas Chorrogil	2
223520095	La Parrilla	3
223560016	Rambla Camino	3
223560018	Guadabraz	3
213770001	Artesón	2
213740001	El Sauco	3
213740017	Fte. de Los Caños	3
223460020	Fte. Telesforo	3
213770010	El Chorro	2
21377GCA	Ayo. de los Cierzos	3
213820015	Aguascalientes	3

Nº ITGE	TOPONIMIA	MUESTRAS
223460008	El Tobar	3
223510045	El Tobón	3

Las muestras pertenecientes a la red se tomaron entre enero 1.997 y octubre de 1.997, mientras que la campaña flash se realizó entre agosto y octubre de 1.996.

La realización de la campaña flash consistió en la toma de 72 muestras.

#### 6.1.2.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales

Los principales materiales acuíferos son los carbonatos del Lías–Dogger con una potencia mínima estimada de 250 metros, y cuyos afloramientos alcanzan los 280 km<sup>2</sup> de superficie. La porosidad secundaria por karstificación y fisuración condiciona la permeabilidad.

La Subunidad debido a la compartimentación estructural, se encuentra dividida en pequeños sistemas acuíferos cuya geometría e interrelaciones son difíciles de establecer. Esta compartimentación causa un elevado número de manantiales (>900), que surgen entre la cota 480 y 1.700 metros, y que suelen tener un caudal inferior a los 5 l/s. Los manantiales se sitúan mayoritariamente al pie de las escamas en el contacto con los materiales impermeables y los más caudalosos se sitúan en los márgenes de la Subunidad en el contacto con los materiales margosos de la Depresión del Guadalquivir o con los materiales triásicos de la formación Hornos-Siles.

El principal sustrato impermeable es el acuícludo triásico sobre el cuál descansan los materiales de la Subunidad. Dentro del Jurásico las calizas margosas y calizas nodulosas de edad Oxfordiense – Kimmeridgiense presentan baja permeabilidad que originan la compartimentación del acuífero carbonatado jurásico, entre los materiales

acuíferos del Lías – Dogger y los carbonatos del Jurásico terminal con una permeabilidad media-alta.

Los materiales del Cretácico inferior se pueden dividir en cinco grandes formaciones hidrogeológicas, de las cuales tres tienen permeabilidad baja y entre las que se intercalan las dos restantes formaciones de alta permeabilidad y que constituyen dos acuíferos separados entre sí por una formación de baja permeabilidad.

La serie comienza con una alternancia de margas y calizas de edad Berriasiense que en su conjunto constituyen una formación de baja permeabilidad. A continuación los materiales acuíferos del Valanginiense, constituidos por calizas bioclásticas y calcarenitas, con una permeabilidad media/alta debida a porosidad intergranular y a karstificación – fisuración. Sobre estos materiales acuíferos se sitúa una formación margosa de baja permeabilidad con tramos de elevada permeabilidad compuestos por bancos arrecifales. Esta formación constituye el muro de los siguientes materiales acuíferos de edad Barremiense-Aptiense consistentes en calizas con bancos arrecifales de alta permeabilidad. La formación de techo del Cretácico inferior es la facies Utrillas, de baja permeabilidad debido a su elevada proporción de arcillas.

Los materiales del Cretácico superior están constituidos por un gran paquete dolomítico que conforma una importante formación acuífera y cuya importancia es mayor en la Unidad 05.02 Quesada –Castril.

Los materiales terciarios de la serie están representados por materiales permeables del mioceno, conglomerados, arenas, calcarenitas y calizas de algas, sobre los que se depositaron las margas blancas de la Depresión del Guadalquivir. El Paleógeno no se encuentra representado al pertenecer la serie al Dominio Prebético externo.

#### 6.1.2.4. Funcionamiento hidrogeológico

##### 6.1.2.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica

Esta Subunidad se define sobre la alineación de afloramientos carbonatados pertenecientes al dominio geológico del Prebético Externo, que se extiende en una longitud de más de 100 km. Están ubicados en la margen izquierda del río Guadalquivir y se prolongan hacia la Sierra de Alcaraz, por el norte y hacia la Sierra de Quesada, por el sur.

Debido a la heterogeneidad litológica, a la compleja estructura y a las diferentes características hidrogeológicas, es conveniente hacer una subdivisión en conjuntos homogéneos para facilitar su descripción. Se pueden distinguir los siguientes:

- Afloramientos tabulares del norte
- Escamas del Guadalquivir
- Escamas de Cazorla
- Sierra de Quesada

##### Afloramientos tabulares del norte

En este conjunto, la Subunidad se desarrolla sobre una secuencia carbonatada del Lías inferior, de 160 a 200 m de potencia, que comprende una base de carniolas, calizas y dolomías, seguidas por un tramo homogéneo de dolomías microcristalinas a veces con sílex, que reposa sobre arcillas triásicas.

En el extremo noreste, ya en la Sierra de Alcaraz, presenta a techo unas arcillas verdes oscuras y rojizas del Lías inferior – medio, de hasta 170 m de potencia; unas calizas recristalizadas del Lías medio, de 50 m de potencia, y otro tramo arcilloso similar al anterior, del Lías superior y 50 m de potencia.

Cuando la estructura de la Subunidad es subhorizontal se origina un acuífero colgado, pero donde la estructura presenta una superposición de escamas, como ocurre en la Sierra de Alcaraz, que superponen los paquetes carbonatos sobre las arcillas suprayacentes, se originan acuíferos confinados, sobre todo en las zonas enraizadas de las escamas.

En una alineación de norte a sur, se diferencian los siguientes acuíferos:

- Acuífero Calderón - Alcaraz. Corresponde a la terminación occidental de un extenso conjunto permeable desarrollado sobre la divisoria de las cuencas del Guadalquivir, Segura y Júcar. En trabajos antecedentes, parte de estos afloramientos han sido incluidos en los Sistemas Acuíferos GA de la Cuenca del Segura (Unidad de Escamas y Diapiros), en el S-18 de la Cuenca del Júcar (Mesozoico del Flanco Oriental de la Ibérica), e incluso en el S-24 de la Cuenca del Guadiana (Calizas de los Campos de Montiel). Por ello se excluyen del alcance del presente trabajo.
- Acuífero Oruña. Se define sobre el afloramiento de dolomías liásicas que ocupan las cumbres de los relieves que se extienden entre Génave, La Puerta de Segura y Torres de Albánchez, con una extensión de 30 km<sup>2</sup>.
- Acuífero Carrasco. Comprende una serie de afloramientos de dolomías liásicas situados en la cabecera del río Hornos, parcialmente solapados por gravas, arenas y arcillas aluviales cuaternarias. Su extensión es de 10 km<sup>2</sup>, de los que 6 corresponden a los carbonatos y el resto a los aluviales.

Escamas del Guadalquivir.

Este sector de la Subunidad se identifica con la línea de cumbres de la Sierra de Cazorla, que se prolonga desde el río Guadalimar, por el norte, hasta el arroyo del Sauco y río Cañamares, por el sur.

El acuífero se asocia con los sedimentos carbonatados de la Formación Chorro, de edad Lías-Dogger, que ofrece una potencia de 170 m. El paquete carbonatado está compuesto por un tramo basal dolomítico, de espesor muy variable, y otro superior de calizas bioclásticas. Suprayacente a las calizas se encuentra un nivel de arcillas verdosas del Barremiense, de hasta 30 m de potencia, y hacia la parte oriental y meridional, sobre éstas últimas, se disponen dolomías margosas tableadas, o arenas y arcillas del la Formación Utrillas, de edad Aptiense-Albiense y de unos 20 – 30 m de potencia.

Los límites impermeables, en el borde septentrional y zona noreste, son las arcillas triásicas, de la base del paquete carbonatado. En el resto del borde oriental, a lo largo del valle del Guadalquivir, esas arcillas se superponen, mediante cabalgamiento, creando una barrera impermeable. Por la parte meridional, los afloramientos permeables son solapados por los materiales arcillosos y dolomías margosas, y en el borde occidental se superpone a los materiales de la Formación Utrillas del techo de la Subunidad Beas de Segura.

En la zona central, el río Guadalquivir atraviesa la Subunidad transversalmente.

La denominación de Escamas del Guadalquivir obedece a que el conjunto permeable se estructura en un complejo sistema de escamas imbricadas, que superponen los carbonatos de la Formación Chorro sobre las arcillas del Cretácico, contabilizándose hasta 21 duplicaciones de la serie en transversales de la zona central. El edificio tectónico así definido presenta una directriz general N30E y buzamientos internos de 20 a 40 ° al E.

En función del grado de imbricación, continuidad lateral de tales estructuras, y la localización de los principales puntos de agua, se ha diferenciado los siguientes acuíferos, de muro a techo:

- Escamas inferiores. Incluyen las escamas más bajas del edificio tectónico, caracterizadas por la superposición de láminas poco potentes, de hasta 500 m de anchura y, en ocasiones, de escasa continuidad lateral, lo que genera un mosaico de

pequeños y alargados afloramientos carbonatados aislados por materiales impermeables. La extensión del acuífero es de 42 km<sup>2</sup>, de los que 23,5 km<sup>2</sup> corresponden a carbonatos de la Formación Chorro.

- Escamas de Aguascebas. Están superpuestas al acuífero anterior y separadas del mismo por un nivel continuo de margas cretácicas. Como característica diferencial cabe mencionar la mayor continuidad y anchura de las láminas tectónicas que lo componen. Su extensión total es 102 km<sup>2</sup>, de los que 75 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables.
- Escamas del Tranco. Este acuífero ocupa las cumbres de este sector de la Sierra de Cazorla y su vertiente oriental hacia los ríos Guadalquivir y Hornos. Está formado por 3-4 escamas de gran continuidad lateral, superior a 30 km, y anchuras de afloramiento de más de 1000 m. Su extensión total es 180 km<sup>2</sup>, de los que 120 km<sup>2</sup> son permeables.

#### Escamas de Cazorla

Corresponden a los afloramientos de calizas y dolomías jurásicas, cretácicas y miocenas existentes al sur y sureste de la ciudad de Cazorla.

La secuencia litológica comprende, de muro a techo, un tramo calizo- dolomítico con alguna intercalación de arcillas (Formación Chorro), del Lías – Dogger y 350 m de potencia. A continuación una ritmita margosa calcárea del Malm, de 150 m de potencia, arcillas y margas verdes de la Formación Utrillas, de hasta 100 m de espesor y localmente hasta 50 m de dolomías del Cenomaniense. En los afloramientos del sureste se intercalan hasta 40 m de calizas del Portlandiense (Malm superior), y solamente en la escama superior la secuencia culmina con unos 100 m de calizas bioclásticas y de algas del Mioceno medio.

En el borde norte, los carbonatos de la Subunidad son solapados por los impermeables de techo. El límite oriental lo define el cabalgamiento de la Unidad

Quesada Castril. Por el sur está limitada por la falla de Tíscar y, por el oeste, la Subunidad cabalga a las margas miocenas de la Depresión del Guadalquivir.

Internamente, este sector de la Subunidad se estructura en 4 escamas, que duplican la secuencia litológica a partir de la ritmita margoso-calcárea del Malm, o Formación Utrillas, encontrándose ocasionalmente pinzadas las dolomías del Cenomaniense. En las dos escamas más bajas los buzamientos son suaves hacia el este, mientras que en las dos superiores se definen sendos sinclinales vergentes al oeste.

La presencia de materiales de baja permeabilidad en la base de cada lámina tectónica, o entre los tramos carbonatados jurásicos y cretácicos-miocénicos, hace individualizar el conjunto en varios acuíferos, a saber:

- Acuífero Béjar. Incluye los carbonatos de la Formación Chorro de las dos escamas inferiores, además de un afloramiento de dolomías cenomanienses que está situado en el borde sur. El tramo impermeable que se encuentra entre las dos láminas tectónicas no es continuo, lo que posibilita el contacto entre los tramos dolomíticos de ambas escamas. La extensión total del acuífero alcanza 25,5 km<sup>2</sup>, de los que 8,5 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables.
- Acuífero Gilillo. Se define sobre las dolomías de la Formación Chorro de la tercera escama y unos afloramientos de calizas del Portlandiense y de dolomías cenomanienses, que se encuentran en continuidad lateral por la acción de fallas. La superficie del acuífero es de 17 km<sup>2</sup>, de los que 11 km<sup>2</sup> son de rocas permeables.
- Acuífero de la Viñuela. Es el más extenso y complejo de todos ellos. Está formado por los depósitos carbonatados de la Formación Chorro, por las calizas portlandienses, y por las dolomías cenomanienses, éstos dos últimos son afloramientos de escasa entidad. El límite con el acuífero Gilillo está definido por la base de la escama, mientras que a techo está separado del acuífero Nacimiento del Guadalquivir por la Formación Utrillas. Ambos límites no se pueden considerar totalmente cerrados, por lo que hay cierto grado de comunicación hídrica entre los tres. Por otro lado, en el

tercio septentrional llegan a aflorar las arcillas triásicas de base de la Subunidad. El acuífero se extiende sobre una superficie de 39 km<sup>2</sup>, de los que 17 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables.

- Nacimiento del Guadalquivir. El acuífero se define sobre un sinclinal de calizas miocenas, a cuya base se ubican pequeños afloramientos de dolomías cenomanienses. El sustrato impermeable corresponde a la Formación Utrillas, mientras que por el este es cabalgado por calizas y margas de la Unidad Quesada – Castril, con la que puede tener cierta continuidad hidráulica. Igualmente, en ciertos puntos contacta con los tramos permeables del acuífero de la Viñuela. Los afloramientos permeables ocupan una superficie de 13 km<sup>2</sup>, frente a la extensión total de acuífero de 17 km<sup>2</sup>.

#### Acuífero de Quesada

Se asocia a las dolomías cenomanienses y calizas del Mioceno medio, que afloran en cuatro núcleos anticlinales, situados al suroeste de la falla de Tíscar. La serie presenta a muro una ritmita calcáreo - margosa del Cretácico inferior, mientras que a techo se encuentran margas del Mioceno, bajo las que debe continuar en profundidad. La superficie del acuífero es de 18,5 km<sup>2</sup>, de los que 12 km<sup>2</sup> son de afloramientos permeables.

En el cuadro que sigue se sistematizan y resumen algunas características de los acuíferos diferenciados en esta Subunidad.

SUBUNIDAD DE CAZORLA			
SECTOR	ACUÍFERO	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	LITOLOGÍA
Afloramientos tabulares del norte	Oruña	30	Dolomías del Lías inferior (For. Beas de Segura)
	Carrasco	10	
Escamas del Guadalquivir	Escamas inferiores	42	Dolomías y calizas del Lías Dogger (For. Chorro)
	Aguascebas	102	
	Tranco	180	
Escamas de Cazorla	Bejar	25,5	For. Chorro + dolomías cenomanienses
	Gilillo	17	For. Chorro + calizas portlandienses
	Viñuela	39	For. Chorro + calizas portlandienses + dolomías cenomanienses
	Nto. del Guadalquivir	13	Dolomías cenomanienses + calizas
Sierra de Quesada		18,5	miocenas

#### 6.1.2.4.2. Piezometría

Con la disposición estructural de los tramos permeables y la intensa compartimentación de la Subunidad, que ha condicionado la diferenciación de un importante número de sectores y acuíferos, la superficie piezométrica carece de continuidad espacial, encontrándose evidencias de niveles de agua a una gran diversidad de cotas. Las principales áreas de descarga están situadas entre 950 y 1.100 m, en el sector meridional, en el sector central a una cota próxima a los 600 m y en el septentrional, entre 800 y 880 m.

Los principales hitos piezométricos de los acuíferos se exponen a continuación.

#### Afloramientos tabulares del norte

En el acuífero de Oruña no se dispone de registros del nivel de agua en sondeos, por lo que la posición de la superficie piezométrica sólo puede determinarse a partir de las cotas de los principales puntos de descarga, que se localizan en el borde sureste, a cotas comprendidas entre 840 y 890 m y, en el resto de su perímetro, a cotas más elevadas. La estructura subhorizontal del tramo permeable y su carácter colgado, sugiere una

disposición radial del flujo, hacia los bordes de dicho acuífero donde se encuentran los manantiales, si bien la dirección predominante debe ser sureste.

El acuífero de Carrasco es de carácter libre, con un nivel piezométrico ligado al cauce del río Hornos, que lo atraviesa de sur a norte actuando como eje de drenaje. En el sector meridional del acuífero y asociado a un afloramiento dolomítico, se encuentra el manantial del Berral (223520009), a la cota 730 m, que con un caudal de 1 a 15 l/seg es la principal salida. En cauce del río los drenajes de los afloramientos permeables se localizan hacia la cota 645 m, que debe corresponder con la posición del nivel piezométrico en este punto. Tal diferencia de cotas define un gradiente hidráulico del 1,41 % en sentido norte.

#### Escamas del Guadalquivir

Los tres acuíferos diferenciados en este sector de la Subunidad se caracterizan por la complejidad tectónica y las frecuentes las intercalaciones margas impermeables del Cretácico, que fragmentan su continuidad hidráulica e individualizan láminas tectónicas con un nivel piezométrico propio. Así, prácticamente cada una de las láminas que conforman este sector presenta su punto de drenaje, en el punto de menor cota topográfica, y su caudal es proporcional a la extensión de afloramiento permeable. Igualmente los sondeos cortan el nivel de agua a la cota propia de la superficie piezométrica de cada escama, registrándose grandes diferencias entre ellas.

En el acuífero Escamas Inferiores los drenajes se producen hacia los cauces de los ríos Aguascebas y Cañamares donde, en la base de las principales escamas, se encuentran varios manantiales a cotas comprendidas entre 840 m y 540 m.

En el acuífero Escamas de Aguascebas, las láminas tectónicas tienen mayor extensión y varias de ellas están en continuidad hidráulica, lo cual permite la definir tres sectores hidráulicos: septentrional, área drenada por el Guadalquivir, y sector central -

meridional. Cada una de esas áreas, a su vez, están fraccionadas por los niveles poco permeables del Cretácico, configurando una estructura multicapa con potenciales hidráulicos independientes.

El sector septentrional es el de menor extensión y se asocia a una serie de escamas que drenan a la cabecera del río Beas, entre los 850 y los 1.100 m, por varios manantiales de 10 a 15 l/s de caudal (223550015, 223550039, 223550048, entre otros); su límite con el sector drenado por el río Guadalquivir, localizado inmediatamente al sur, debe corresponder a una barrera impermeable, ya que en este último se localizan una serie de salidas difusas al cauce, entre los 650 y 520 m de cota, con un importante salto respecto a la posición del nivel piezométrico en el primero. Hacia el sur, los principales afloramientos permeables tienen continuidad cartográfica con el sector central – meridional, y entre ambos debe existir una serie de divisorias hidrogeológicas en cada una de las escamas, delimitando las áreas vertientes a cada zona de drenaje. En este último sector las salidas se concentran en las inmediaciones de los cauces Aguascebas y Cañamares, entre las cotas 1.230 m a 780 m.

En las cercanías del embalse de Aguascebas se han perforado varios sondeos, que a pesar de su proximidad, reflejan importantes saltos en la cota del nivel piezométrico, que varía desde los 1.098 m en el punto 213680032, a los 1.026 en el 213870057.

En el acuífero del Tranco, al igual que en los casos anteriores, existe gran variabilidad de cotas en las surgencias de los manantiales y nivel piezométrico en los sondeos, lo que pone de manifiesto posibles desconexiones hidráulicas motivadas por las distorsiones que ha introducido la tectónica y, acrecentada, por la presencia de niveles de baja permeabilidad a techo de cada escama. A este respecto hay que indicar que las principales surgencias no se encuentran en las cotas más bajas del acuífero, cauce del río Guadalquivir, sino precisamente en las más elevadas, en la vertiente del Aguascebas.

En su sector septentrional, los puntos de drenaje de las escamas inferiores se encuentran en la vertiente del río Beas (213510040, 213510045 y otros), definiendo la posición del nivel piezométrico comprendido entre las cotas 860 y 940 m, que se eleva con fuerte gradiente hasta la cota 1.198 m, en el nuevo sondeo de abastecimiento a Beas (223550053). En la escama más alta del acuífero se encuentran varios manantiales que drenan a las cuencas de los ríos Hornos y Guadalimar, entre las cotas 760 - 880 m. El nivel piezométrico en sondeos próximos a los bordes, está a cotas bastante superiores, definiendo gradientes de hasta el 5 %. La delimitación de las áreas de recarga de cada manantial importante debe realizarse por divisorias hidrogeológicas, de localización incierta debido a la carencia de datos piezométricos.

En las inmediaciones del cauce del río Guadalquivir existen varias surgencias. La principal es Fuente Negra (223550028) que surge a la cota 545.

Hacia el sur, se adivina otra divisoria hidrogeológica, que independiza las cuencas vertientes hacia el Guadalquivir y el Aguascebas, siendo en ésta última cuenca donde se encuentran los manantiales más caudalosos de la Subunidad, a 1.130 m de altitud. En esta misma zona meridional y en la ladera oriental de la escama superior, se encuentra el manantial El Macho (223650001) ubicado a 660 m.

#### Escamas de Cazorla

Su complejidad hidrogeológica, al igual que en el caso anterior, es grande, ya que comprende varios acuíferos separados entre sí por accidentes tectónicos y por niveles de mediana a baja permeabilidad y, a su vez, cada uno de ellos está formado por varias láminas tectónicas o varios tramos permeables de diferente edad.

En el acuífero de Béjar, se registran importantes variaciones en la posición del nivel piezométrico en afloramientos con aparente continuidad cartográfica, oscilando entre la cota 998 m del manantial Artesón (213770001) y la 900 m del manantial de Béjar

(213830004), que corresponde con el principal punto de drenaje. El gradiente hidráulico calculado entre este punto y el sondeo 213770017, con el nivel a la cota 1.009 m, es del 2% y con sentido sur.

En el acuífero de Gilillo, la principal referencia sobre la posición del nivel piezométrico, viene dada por la cota de surgencia del manantial Nacerríos (213770016), que se encuentra a 960 m. Existen otras surgencias significativas unas a cotas inferiores en el borde norte del afloramiento (213730001, situado a 940 m), y otras a cotas superiores hacia el sur (213770019, a la cota 1.230). Con esta disposición el gradiente hidráulico resultante es del 3,2%, en la dirección norte.

En el acuífero de La Viñuela la posición del nivel piezométrico puede referenciarse en varios sondeos situados en el sector septentrional. En el que se utiliza para el abastecimiento a Burunchel (213730043) y otros próximos, el nivel de agua se localiza próximo a la cota 1.000 m. En el extremo norte de los afloramientos permeables se encuentra la Fuente Sauco (213740001), a la cota 760 m, que debe tomarse como referencia de la posición del nivel de agua en este sector; entre esta surgencia y el sondeo se define un gradiente del 3%, en sentido nornoroeste. Algo más al sur, y a favor de una posible desconexión motivada por afloramientos del basamento de arcillas triásicas, se encuentran los manantiales 213770028 y 213770032, a las cotas 1.120 y 1.250 m, respectivamente. En el resto del acuífero tan sólo existen surgencias de marcado carácter estacional, que llegan a situarse a la cota 1.600 m.

En el acuífero del Nacimiento del Guadalquivir el esquema hídrico es más simple, ya que sólo existen dos salidas preferenciales. Una situada en el extremo norte (213770022, Nacimiento del Guadalquivir), a la cota 1.350 m, y otra en el sur (213820036 Vadillo), a la cota 920 m. Entre ambas debe existir una divisoria hidrogeológica que separe sus respectivas áreas de alimentación, y el flujo adopta direcciones contrapuestas, hacia el norte y sur respectivamente.

### Acuífero de Quesada

La posición del nivel piezométrico en este acuífero está definida por las cotas de las surgencias y el nivel de agua en los sondeos. En el afloramiento de Belerda se sitúa a la cota 700 m (213820039 Molino de Belerda), en el de Huesa a 730 m (213820012 y otros) y, finalmente, en cerro Magdalena a 800 m (213820015 Lacra). Este último es la captación de mayor caudal, pero curiosamente está perforada en el afloramiento menos extenso, por lo se deduce que debe recibir una recarga subterránea desde los demás afloramientos y, en tal caso, el flujo tendría sentido noroeste. De otra parte, la similitud de cotas entre los manantiales existentes lleva a considerar que se encuentran en continuidad hidráulica.

#### 6.1.2.5. Parámetros hidráulicos

La información disponible se reduce a los ensayos de bombeo efectuados por el ITGE en las captaciones de abastecimiento a las poblaciones. De la interpretación de los datos obtenidos en los ensayos se han calculado los valores de la transmisividad que se exponen en el siguiente cuadro:

ACUÍFERO	SONDEO	NOMBRE	T (m <sup>2</sup> /día)	S	Q (l/s)
Tranco	223520109	El Puerto II	164		10
	223520110	Yegüerizos V	50		15
	223550053	Ab. Beas	35		15
	223520111	Valdemarín	2000-3000		40
Escamas de Aguascebas	213670057	Cjo. Camacho	19	13,7*10 <sup>-3</sup>	24
Bejar	213770008	Abto. Quesada	250		7

Se deduce de esos valores que, en general, la magnitud de la transmisividad en este subsistema es baja a media, aunque existen casos excepcionales en los que se alcanzan valores del orden de 2.000 a 3.000 m<sup>2</sup>/día. Esta heterogeneidad es habitual en las formaciones carbonatadas en las que los procesos kársticos han tenido un escaso

desarrollo, y la circulación subterránea tiene lugar, preferentemente, a través de discontinuidades menores y, ocasionalmente, por conductos de mayor tamaño.

Los caudales de explotación de estas captaciones son acordes con tales transmisividades y normalmente se encuentran entre 10 y 15 l/seg.

#### 6.1.2.6. Características físico-químicas

##### 6.1.2.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas

La caracterización hidroquímica de las aguas de esta subunidad se ha basado esencialmente en 220 análisis químicos de las aguas de la misma repartidos por todos los acuíferos diferenciados objeto de estudio y realizados en 1 pozo, 3 sondeos y 55 manantiales. Por acuíferos, destaca el de las escamas del Tranco, con más de 70 análisis, aunque 45 corresponden a 4 puntos de control periódico, y los de Carrasco, Béjar, Viñuela y Nacimiento del Guadalquivir, con más de una veintena de análisis en cada uno. Todos los análisis son posteriores a 1.989 y en su mayoría posteriores a 1.996.

La información disponible se muestra en sendas tablas que reflejan respectivamente las características generales de los puntos de muestreo, los resultados analíticos y la caracterización general de las aguas (tablas 3.1 a 3.3 del Anejo de Hidroquímica). Así mismo se han representado los datos en diagramas de Piper (uno general para la Subunidad y 10 de los respectivos acuíferos diferenciados), diagramas de los parámetros D'Amore para cada análisis, gráficos de correlación de la conductividad con cada uno de los aniones mayoritarios y de diversos aniones o cationes entre sí, y, en los puntos con más de 8-10 análisis, gráficos de evolución temporal de los aniones y cationes mayoritarios, correspondientes al período 1.989/1.997 (gráficos 3.1 a 3.4 del Anejo de Hidroquímica).



Diagrama de Piper de la Subunidad de Cazorla

En esta Subunidad las aguas presentan unas características muy homogéneas en todos los acuíferos, con conductividades siempre comprendidas entre 230 y 820  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y, en su mayoría, inferiores a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor medio de los 220 análisis es de 445  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las facies hidroquímicas son predominantemente bicarbonatadas, variables de cálcicas a magnésicas, aunque en segundo término puede haber localmente una cierta incidencia de sulfatos o cloruros. Los contenidos iónicos en los diversos componentes mayoritarios son lógicamente bajos o moderados y característicos de aguas procedentes de materiales calizo dolomíticos: 150 a 465 mg/l de bicarbonatos, inferior a 50 mg/l los sulfatos (aunque excepcionalmente se superan los 200 mg/l), menos de 50 mg/l y generalmente menos de 10 mg/l para los cloruros, de 1 a 34 mg/l para el sodio y de 30 a 80 mg/l para el calcio (en ocasiones se llega hasta 145 mg/l).

Dentro de esa homogeneidad generalizada, tan sólo destacan relativamente algunos puntos con anomalías locales y/o temporales poco acusadas, aunque cabe destacar los siguientes aspectos más característicos:

1) El sector de afloramientos tabulares del norte (acuíferos de Oruña y Carrasco) suele presentar los mayores valores absolutos de cloruros, sulfatos, calcio y magnesio, así como los valores más altos de conductividad, salvo anomalías puntuales en otros acuíferos.

2) Las diferentes escamas de Cazorla se caracterizan, por el contrario, por los menores valores de conductividad y aguas de naturaleza fuertemente bicarbonatada cálcica, con las menores proporciones relativas de magnesio dentro de esta Subunidad.

3) Las escamas del Guadalquivir presentan aguas de naturaleza intermedia entre los dos grupos anteriores, si bien el sondeo 223520080, correspondiente al acuífero de Escamas del Tranco, es el de mayor conductividad de la Subunidad (820  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y el que presenta los mayores valores de sulfatos (218 mg/l) y calcio (145 mg/l), probablemente por la influencia local de materiales evaporíticos.

4) De los 9 puntos en que se dispone de datos de evolución temporal (gráfico 3.4 del Anejo de Hidroquímica) del período 1.989-97, tan sólo cabe destacar oscilaciones más o menos significativas de los iones sulfato y calcio, generalmente paralelas entre sí, también debidas probablemente a influencia de materiales evaporíticos.

5) El contenido en nitratos de las aguas subterráneas es muy bajo en toda la Subunidad, con valores inferiores a 10 mg/l en la mayoría de los acuíferos y una media global de 2 mg/l en los 220 análisis disponibles. En el acuífero de Carrasco hay un aumento temporal de 41 mg/l, que marca el máximo detectado en esta Subunidad (manantial 223520009, destinado a riego) y otros puntos localizados presentan valores de 15 a 25 mg/l.

6.1.2.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

Los acuíferos incluidos en esta Subunidad se pueden considerar muy vulnerables a la contaminación, al tratarse de materiales carbonatados con permeabilidad por fisuración

y karstificación (dolomías y calizas del Lías-Dogger, dolomías cenomanienses y calizas miocenas, esencialmente).

En las encuestas municipales de focos de contaminación realizadas, cuya tabla-resumen se incluye en el anejo de hidroquímica (tabla nº 5), tan sólo se han detectado dos focos puntuales que podrían presentar una contaminación potencial, cuyo grado de afección se califica en ambos casos bajo, al ubicarse sobre materiales detríticos y no directamente sobre el acuífero principal: un vertedero de residuos sólidos urbanos (nº 3 de la citada tabla, correspondiente al municipio de Huesa y que podría afectar al acuífero de Sierra de Quesada) y una depuradora de aguas residuales (nº 4, en el municipio de la Iruela, y cuyo vertido podría incidir sobre el acuífero de Viñuela). Ambos casos habrían de ser objeto de un estudio específico más adecuado que garantice su inocuidad. Por lo demás, cabe indicar que otras actividades que podrían afectar a la calidad de las aguas subterráneas serían las actividades agrícolas o la ganadería extensiva sobre los afloramientos carbonatados, generalmente poco frecuentes en esta subunidad, pero que también se han puesto de manifiesto en Quesada (ganadería sin estabular sobre calizas) y en la Iruela (olivares, en este caso sobre materiales margosos, aunque en zona de escamas) o Chilluévar (olivares sobre dolomías).

El muestreo específico de nitratos realizado para el proyecto en noviembre/diciembre de 1998, cuyos resultados se resumen en la tabla nº 6 (anejo de hidroquímica), incluye 13 puntos en el ámbito de esta subunidad: 3 en el acuífero de Sierra de Quesada, 2 en los acuíferos de Béjar, Carrasco y Tranco y 1 en los de Aguascebas, Escamas inferiores, Gilillo y Viñuela, correspondientes a 12 manantiales y un pozo, cuyas concentraciones en nitratos son, en general, reducidas, y están dentro de los límites detectados hasta la fecha en los análisis disponibles; si bien, a veces son superiores a las antes reseñadas con carácter general para estos acuíferos: en efecto, en el manantial 213770005 del acuífero de Béjar y destinado en parte a abastecimiento se alcanzan 43 mg/l de nitratos (el máximo detectado en ese acuífero en los restantes análisis es 18 mg/l, también en ese punto). Hay que destacar que dicho punto presenta los

máximos del acuífero en casi todos los iones mayoritarios y en potasio (7 mg/l frente a 1 mg/l en el resto); en el manantial 223520050, del acuífero Carrasco y utilizado para riego, se han determinado 33 mg/l, si bien, en este acuífero ya había constancia de oscilaciones estacionales de 0 a 40 mg/l (punto 223520009); en el manantial 213670012, del acuífero de las Escamas Inferiores y utilizado en parte para abastecimiento también se supera ligeramente el máximo conocido (30 frente a 25 mg/l); por último, el manantial de abastecimiento 213820020, de la Sierra de Quesada, presenta 29 mg/l, frente a máximos variables de 9 a 18 mg/l medidos hasta la fecha en el 213820015. Dichos valores pueden indicar una cierta contaminación local, cuyas causas habría que explicar con un estudio detallado en cada caso, aunque en principio son valores admisibles. Las concentraciones en nitritos y amonio, también analizadas en dicha campaña, son nulas en todos los puntos de muestreo de esta Subunidad.

#### 6.1.2.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones

Las características geográficas (en la divisoria de dos subcuencas hidrográficas), sociológicas (escaso nivel de desarrollo, población reducida y localizada en núcleos urbanos dispersos) y morfológicas (dominada por el relieve montañoso) de esta subunidad hidrogeológica son, entre otras, indicativas de que la demanda de agua, en el interior de la subunidad, no representa un volumen importante, sin embargo los recursos de ella se utilizan para satisfacer demandas urbanas en el exterior de la misma.

Las actividades principales relacionadas con el agua se reducen al abastecimiento de la población y al regadío del olivar, pues la industria prácticamente se basa en almazaras y pequeños talleres ubicados en el casco urbano que se abastecen de la red municipal. La agricultura utiliza fuentes de suministro propias e independientes de la municipal (manantiales situados en los bordes norte y sur).

Destaca como uso principal uso el suministro de agua potable a la mancomunidad de la Loma de Úbeda, que incluye 23 núcleos urbanos con un total de 107.350 habitantes,

cuya toma se localiza en el embalse Aguascebas, que regula una pequeña cuenca vertiente a la que drenan los acuíferos Escamas del Tranco y Aguascebas. También es significativo el abastecimiento a las localidades de Cazorla, Quesada y Beas de Segura.

Con tales antecedentes hay que convenir que las aguas subterráneas de esta subunidad hidrogeológica tienen una importancia estratégica elevada, y que su preservación debe ser un objetivo fundamental.

Los aprovechamientos para regadíos se centran en la captación de los manantiales existentes en los bordes norte, sur y sureste estando, ocasionalmente, compartidos con abastecimientos urbanos. Los mayores volúmenes de agua se emplean en el riego de olivar, que en la actualidad está en plena transformación del sistema de riego tradicional (riego a pie), por el localizado. También se observa un incremento de la superficie puesta en riego

En cuanto al tipo de toma, para abastecimiento público es habitual que sea mixta, que se disponga de manantiales y sondeos, mientras que para regadío los sondeos sólo abastecen, de momento, pequeñas fincas.

No se prevé un crecimiento demográfico en la población por lo que la demanda futura se incrementará teniendo en cuenta el aumento de la dotación teórica, de 220 l/ha/d, prevista en el Plan Hidrológico para este tipo de municipios.

Respecto a la superficie de riego no se dispone de información sobre la tendencia futura, si acaso puede vislumbrarse que se incrementará, y con ello la demanda de agua para la agricultura, debido a la generalización del riego del olivar.

Por acuíferos, los usos de aguas subterráneas existentes se presentan en la tabla de usos y demandas de agua de la página siguiente.

#### 6.1.2.8. Balance hídrico

La complicada geometría de los acuíferos; las diferentes características intrínsecas de cada uno; las relaciones particulares entre algunos, y las transferencias de recursos existentes entre ellos, aconsejan elaborar un balance hídrico individualizado por acuíferos y/o sectores.

Como ocurriera en la Subunidad de Beas, las estaciones meteorológicas no se encuentran en cotas representativas, o similares, a las de los afloramientos de los terrenos permeables, por lo que no es factible evaluar la recarga a partir de la lluvia útil. Por ello, y al igual que se hizo en aquella Subunidad, se ha optado por calcular la alimentación en concepto de percolación de las lluvias, aplicando el coeficiente de infiltración del 33% de la precipitación, obtenido en Sierra Seca. En ambos casos se trata de afloramientos similares, de naturaleza dolomítica, y con red de drenaje superficial escasamente desarrollada.

ACUÍFERO	USOS Y DEMANDAS DE AGUA								
	ABASTECIMIENTO URBANO				REGADIO			TOTAL	
	Núcleo	Hab.	Demanda		Tomas	has	Demanda		Tomas
Oruña	Puerta Segura *	2.481	0,01	0,06	223460012 M	> 500 (olivar)	1,5	Manantiales de borde	1.56
	Torres Albánchez *	1.126	0,04		223430030 M				
	Génave *	812	0,01		223430029 M				
					223420001 M 223420002 M				
Carrasco			0		150 (huertos)	1,05	22352006,7, 8 y otros S 2235009 M	1.05	
Escamas Inferiores			0			0		0	
Escamas de Aguascebas	23 núcleos en Loma de Úbeda	107.350	8,2	8,5	Varios manantiales que alimenten al embalse 213670016 S		0		8.5
	Chilluévar	1.523	0,3		213670046 S				
Tranco	Cortijos Nuevos	750	0,08	0,4	223520106 S	140 (huerta)  700 - 1.000 (olivar)	0,98  2.4 - 3	Manantiales de borde	4.4
	Carrasco y otras aldeas	300			223520109 S				
	Puerta Segura *	2.481	0,2		223460019 M				
	Yegüerizos	61			223460015 M				
	Los Llanos	62			223520080 S				
	Cañada Catena	261	0,02		22352103 S				
	Beas de Segura *	5.283	(incluido en acuífero Beas)		21354023 S 22350053 S				
Béjar	Quesada	5.800	0,5	0,5	213830004 M 213770001 M 213770008 S 213770053 S	310	2,1	Excedentes invernales de manantiales	2,6
	Peal del Becerro	4.767	No cuantificado		213770017 S				
Gilillo	Cazorla	7.814	0,6		213770016 M	400	2,8	Excedentes de 213770016 y otros	3,6
	La Iruela	935	0,2		213770019 M 21373040 S				

ACUÍFERO	USOS Y DEMANDAS DE AGUA								
	ABASTECIMIENTO URBANO				REGADIO			TOTAL	
	Núcleo	Hab.	Demanda		Tomas	has	Demanda		Tomas
Vifuela	Burunchel	1.251	0,09	0,09	21373043 S		0		0,09
Nacimiento Guadalquivir	Vadillo Castril	119	0,01	0,01		200 (olivar)	0,6	213820036 M	0,61
Sierra Quesada	Los Rosales	123	0,02	0,02	Manantiales de borde	10 (huertos) 100 (olivar)	0,07 0,3	Varios manantiales y sondos ubicados en los bordes	0,39
	Lacra	8							
	Higueral	6							
	Tíscar	123							
TOTAL		143.436		9,58			12-12,6		21,6- 22,2

(1) Demanda urbana calculada con una dotación de 210 l/hab. y día

(2) Demanda para regadío calculada con una dotación de 7.000 m<sup>3</sup>/ha/año (para riego de olivar:3.000 m<sup>3</sup>/ha/año)

(3) Valores en hm<sup>3</sup>/año

\* Núcleo de población que se abastece de varios acuíferos.

## ACUÍFERO CALDERÓN-ALCARAZ

Este acuífero no se contempla en su totalidad por exceder los límites del área de estudio. Se han tomado datos de drenaje en 4 secciones de aforo situadas en la parte sureste que pueden estar relacionadas con unos 63 km<sup>2</sup> de materiales permeables. Los datos se expresan en la tabla (L/s):

Fecha	2334-1-GPA (1) Ayo. de la Puerta	2334-1-SCA (2) Ayo. Cjos. del Cura	2234-4-GAA (3) Ayo. Carrascosa	2234-4-GGA (4) Río Guadalimar	Total (2)+(3)+(4)-(1)
29-5-1996	57.57	36.48	-	-	-
23-10-1996	31.79	7.78	-	-	-
20-1-1997	315.13	211.57	-	-	-
15-4-1997	34.24	18.46	-	-	-
15-7-1997	23.73	1.00	19.91	349.67	346.85
28-10-1997	21.31	2.00	17.77	420.91	419.37

## Alimentación

La infiltración de lluvia útil que se produce en los 63,1 km<sup>2</sup> (la mayoría de afloramientos permeables) y que interesan a las cuencas con datos de secciones de aforo, es de 220 mm equivalentes a 13,9 hm<sup>3</sup>/a.

## Salidas

Realizadas a través de las secciones de aforo ya indicadas, se han podido medir 419,4 l/s en octubre de 1.997, que equivalen a 13,2 hm<sup>3</sup>/a.

### Balance

Las entradas calculadas ( $13,9 \text{ hm}^3/\text{a}$ ) son similares a las salidas ( $13,2 \text{ hm}^3/\text{a}$ ). Es posible que exista un pequeño porcentaje que se infiltre en el interior de las formaciones permeables del Lías y no surja en esta zona.

### ACUÍFERO ORUÑA

#### Alimentación

El volumen de recarga responde a una precipitación media sobre el acuífero de  $600 \text{ mm/a}$  y a una superficie de afloramiento permeable de  $30 \text{ km}^2$ , lo que supone unos aportes brutos de  $18 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Aplicando la tasa de infiltración del  $33 \%$ , se obtiene una percolación media de  $5,9 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

#### Salidas

Se realizan en su integridad a través de los manantiales localizados en los bordes del acuífero, entre los que destacan los situados en el extremo SE: Cortijo Lagartos (223460002), Fuente Maiblasco (223460004) y Fuente La Tala (223460005), que en conjunto drenan hasta  $1 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Hay otros manantiales menores, como los utilizados para los abastecimientos a La Puerta de Segura, Torres de Albánchez y Génave, de caudales inferiores a  $5 \text{ l/s}$ , que en conjunto pueden drenar una media de  $1,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Por consiguiente, las salidas se cuantifican en  $2,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

#### Balance

El balance entre entradas y salidas arroja unas salidas no cuantificadas de hasta  $2,4 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Debido a que existen otras surgencias temporales y oscilaciones apreciables de

caudal, esa diferencia puede estar bastante justificada. La morfología colgada del acuífero favorece este tipo de descarga, además de propiciar unas reservas, a priori, muy reducidas.

## ACUÍFERO CARRASCO

### Alimentación

La precipitación media sobre los afloramientos permeables es de 650 mm/a, que suponen una aportación de 6,5 hm<sup>3</sup>/año sobre los 10 km<sup>2</sup> de extensión del acuífero. Considerando para los afloramientos dolomíticos un coeficiente de infiltración del 33%, y estimando que sobre los materiales detríticos es del 20 %, así como unas superficies de afloramiento de 6 y 4 km<sup>2</sup>, respectivamente, se obtiene una alimentación de 1,8 hm<sup>3</sup>/a.

Lateralmente el acuífero cuaternario conecta con el Jurásico de Sierra de Segura, del que puede recibir una alimentación subterránea. De hecho, en las inmediaciones de este último surge el manantial del Ojuelo, de 30 l/s, que se asigna a tal formación permeable.

### Salidas

La principal surgencia del acuífero corresponde a la Fuente del Berral (223520009), de 7 l/seg. Existen otras, de caudales menores, ubicadas en sus bordes y en las proximidades del río Hornos, que en conjunto pueden drenar hasta 1 hm<sup>3</sup>/a.

En los últimos años se han construido varios sondeos (223520006, 7, 8, etc.) para la extracción de agua destinada a regadío, que puede cifrarse en unos 0,5 hm<sup>3</sup>/a. Alguno de estos sondeos afectan directamente a los manantiales.

Las salidas totales del acuífero se evalúan, por consiguiente, en 1,5 hm<sup>3</sup>/a.

### Balance

La diferencia entre la alimentación y las salidas arrojan un pequeño desfase, de 0,3 hm<sup>3</sup>/a, que puede ser perfectamente atribuible a las incertidumbres del método de cálculo empleado, por lo que se concluye que el balance se encuentra equilibrado.

### ESCAMAS DEL GUADALQUIVIR

Los tres acuíferos diferenciados presentan estrechas relaciones entre sí, por lo que se tratan en conjunto.

### Alimentación

Los acuíferos son seccionados transversalmente por el río Guadalquivir, donde se localizan las zonas de mínimos piezométricos, constituyendo el eje de drenaje de los acuíferos, no existiendo transferencia de agua desde el río a los acuíferos. Por tanto, sus recursos procederían exclusivamente de la percolación de las precipitaciones. Teniendo en cuenta la superficie de afloramientos permeables, la precipitación media anual, y aplicando un coeficiente de infiltración del 33%, se obtienen las siguientes entradas por este concepto:

Acuífero	Extensión (km <sup>2</sup> )	Precipitaciones (mm)	Alimentación (hm <sup>3</sup> /año)
Escamas inferiores	23,5	800	6,2
Aguascebas	75	950	23,5
Tranco	120	900	35,6
<b>Suma</b>			<b>65,3</b>

### Salidas

Las principales descargas de estos acuíferos se han controlado mediante aforos directos en los manantiales y en los cauces a la salida de los afloramientos permeables, en concreto en los ríos Aguascebas y Cañamares.

La evaluación de las salidas que se realizan hacia la cuenca del río Aguascebas, se ha realizado descomponiendo el hidrograma de la estación de aforo E-135, Aguascebas en Mogón (ITGE, 1994b). Por este método se deduce que el 52% de la aportación es de procedencia subterránea, y que los recursos medios para los acuíferos vertientes al Aguascebas ascienden a 22,2 hm<sup>3</sup>/año, mientras que para los vertientes al Cañamares son de unos 18,9 hm<sup>3</sup>/año.

Para asignar estos recursos a cada uno de los acuíferos, se han utilizado los aforos diferenciales realizados en diversos tramos de los cauces Aguascebas Chico, Aguascebas Grande y Cañamares, de donde se obtienen los siguientes valores:

Acuífero	Cuenca	Aportación	
		(% del caudal medido al final de tramos permeables)	hm <sup>3</sup> /año
Escamas inferiores	Aguascebas	20 – 34	4,5-7,5
	Cañamares	1 – 14	0,2-2,6
Aguascebas	Aguascebas	36 – 50	8-11
	Cañamares	29 - 49	5,3-9,3
Escamas del Tranco	Aguascebas	30 – 38	6,5-8,5
	Cañamares	50 – 58	9,5-11

A partir de esta descomposición de caudales, las salidas de los acuíferos serían:

## Escamas inferiores

Drenaje por manantiales:	4,9 - 9,1 hm <sup>3</sup> /a
Bombeos:	Insignificantes
Total:	4,9 - 9,1 hm <sup>3</sup> /a

## Escamas de Aguascebas

Drenaje por manantiales a la cabecera del río Beas (223550015, 16, 39 y 48):	2,2 hm <sup>3</sup> /a
Drenaje por manantiales al Aguascebas y Cañamares:	13,3 - 20,3 hm <sup>3</sup> /a
Extracciones por bombeo (sondeo 213670046, de abastecimiento a Chilluévar):	0,3 hm <sup>3</sup> /a.
Total:	15,8 - 22,8 hm <sup>3</sup> /a

## Escamas del Tranco

Drenaje por manantiales controlados (223510045 Tobón, 223550028 Fte. Negra, 223520095 La Parrilla, 223560008 Puerto Cecilia, 223650001 El Macho, y 223560018 Guadabraz):	4,3 hm <sup>3</sup> /a.
Drenaje de manantiales dispersos al arroyo Yegüerizos (22346GYA):	1,8 hm <sup>3</sup> /a
Drenaje de otros manantiales menores hacia el Guadalquivir:	3,7 hm <sup>3</sup> /a
Drenaje de otros manantiales menores hacia el Guadalimar:	2,2 hm <sup>3</sup> /a
Drenaje de manantiales en la cabecera del río Beas:	0,7 hm <sup>3</sup> /a
Drenaje por manantiales a los ríos Aguascebas y Cañamares:	16 - 19,5 hm <sup>3</sup> /a
Bombeos por sondeos (213540023 Cornicabral, 223520080 Yegüerizos, 223520103 Cañada Catena, 223520106 Castillo Altamira y 223520109 El Puerto):	0,4 hm <sup>3</sup> /a
Total:	29,1 - 32,6 hm <sup>3</sup> /a

### Balance

La diferencia algebraica entre entradas y salidas ofrece el siguiente balance global:

Entradas:	65,3 hm <sup>3</sup> /a
Salidas:	49,8 – 64,5 hm <sup>3</sup> /a
Salidas no cuantificadas:	15,5 – 0,8 hm <sup>3</sup> /a.

En principio se asigna estas salidas no cuantificadas a un posible drenaje difuso al cauce del Guadalquivir, a través de las escamas de Aguascebas. La importante ganancia de caudal que registra este cauce al atravesar los acuíferos, de hasta 600 l/s (ITGE, 1995), sugiere que el valor más alto de la horquilla de caudales expuesta puede ser más verosímil. En este caso existiría una transferencia de recursos desde el acuífero Tranco al Aguascebas del orden de 6,5 hm<sup>3</sup>/a, y desde éste se drenaría al río 14,2 hm<sup>3</sup>/a. De este modo el balance de las Escamas inferiores quedaría equilibrado con unos recursos de 6,2 hm<sup>3</sup>/a.

### ESCAMAS DE CAZORLA

Al igual que en el caso anterior, hay estrechas relaciones entre los diferentes acuíferos, por lo cual su balance se elabora conjuntamente.

### Alimentación

La recarga de los acuíferos se realiza por la percolación directa de las precipitaciones, no descartándose conexiones hidráulicas con la Unidad Quesada – Castril. Las recargas por infiltración desde cauces superficiales se estiman insignificantes, ya que el principal curso fluvial, cabecera del Guadalquivir, es en este sector un eje de drenaje.

Aplicando la tasa de infiltración del 33% a la lluvia media registrada y generalizándola sobre la superficie de los afloramientos permeables, se obtienen las siguientes entradas:

Acuífero	Extensión (km <sup>2</sup> )	Precipitaciones (mm)	Alimentación (hm <sup>3</sup> /año)
Béjar	8,5	875	2,4
Gilillo	11	950	3,4
Viñuela	17	1.100	6,2
Nto. del Guadalquivir	13	1.100	4,7
Sierra de Quesada	12	650	2,6
<b>Suma</b>			<b>21,3</b>

#### Salidas

Los drenajes naturales y extracciones por bombeo del sector son los siguientes:

#### Béjar

Drenaje por manantiales controlados (213830004 Béjar y 213770001 Artesón):	3,4 hm <sup>3</sup> /año
Drenaje por otros manantiales menores:	0,6 hm <sup>3</sup> /año
Bombeos (213770008, 18, 53 y otros):	0,5 hm <sup>3</sup> /año
<b>Total:</b>	<b>4,5 hm<sup>3</sup>/año</b>

#### Gilillo

Drenaje por manantiales controlados (2137716 Nacerríos):	1,5 hm <sup>3</sup> /año
Drenaje por otros manantiales menores:	2,1 hm <sup>3</sup> /año
Bombeos (213730040):	0,2 hm <sup>3</sup> /año
<b>Total:</b>	<b>3,8 hm<sup>3</sup>/año</b>

## Viñuela

Drenaje por manantiales controlados (213740001 Sauco):	0,3 hm <sup>3</sup> /año.
Drenaje por otros manantiales menores:	2,5 hm <sup>3</sup> /año
Bombeos:	insignificantes
Total:	2,8 hm <sup>3</sup> /año

## Nacimiento del Guadalquivir

Drenaje por manantiales controlados (213820036 Vadillo y 213770022 Nto. del Guadalquivir):	7,7 hm <sup>3</sup> /año
Drenaje por otros manantiales menores:	0,3 hm <sup>3</sup> /año
Bombeos:	no existen
Total:	8 hm <sup>3</sup> /año

## Sierra de Quesada

Drenaje por manantiales controlados (213820015 Laca, 213820039 Molino de Belerda):	0,6 hm <sup>3</sup> /año
Drenaje por otros manantiales menores:	0,7 hm <sup>3</sup> /año
Bombeos:	0,8 hm <sup>3</sup> /año
Total:	2,1 hm <sup>3</sup> /año

## Balance

Del cómputo de entradas y salidas de los acuíferos se obtiene el siguiente balance general:

Entradas:	21,3 hm <sup>3</sup> /año
Salidas:	21,2 hm <sup>3</sup> /año

El balance resultante está compensado, pero si se realiza por acuíferos, teniendo en cuenta posibles conexiones se obtiene:

Acuífero	Alimentación	Salidas	Balance	Destino/procedencia del agua
Béjar	2,4	4,5	-2,1	Gilillo
Gilillo	3,4	3,8	-0,4	Viñuela
Viñuela	6,2	2,8	3,4	Gilillo+Nto. Guadalquivir
Nto. Guadalquivir	4,7	8	-3,3	Viñuela
<b>Suma</b>			-2,6	Unidad Quesada-Castril

Según este balance conjunto y la disposición geométrica de los acuíferos, las conexiones y transferencias hídricas entre ellos quedaría como sigue:

- Los excedentes del acuífero de la Viñuela alimentarían a los situados por debajo, tectónicamente, con 2,1 hm<sup>3</sup>/a a Béjar, con 0,4 hm<sup>3</sup>/a a Gilillo, y con 0,9 hm<sup>3</sup>/a al Nacimiento del Guadalquivir, situado en su vertiente oriental.
- Aún así, este último necesitaría recibir hasta 2,6 hm<sup>3</sup>/a más desde la Unidad Quesada-Castril para justificar sus salidas. Muy posiblemente este caudal sea superior, ya que en el balance del acuífero Gilillo no se han considerado posibles drenajes dispersos al río Guadalquivir, que de producirse harían disminuir la transferencia hacia aquel acuífero.

Por otra parte, en Sierra Quesada se ha calculado unas entradas de 2,6 hm<sup>3</sup>/a, frente unas salidas de 2,1 hm<sup>3</sup>/a, pudiendo existir un cierto flujo subterráneo de hasta 0,3 hm<sup>3</sup>/a hacia la Cuenca del Guadiana Menor.

## 6.2. UNIDAD DE QUESADA – CASTRIL (05.02)

Esta Unidad desde el punto de vista geológico pertenece al dominio Prebético interno, que se caracteriza, comparándola con la Unidad de Cazorla, por la presencia de una serie mesozoica potente y por hallarse representado el Paleógeno. El acuífero principal corresponde a la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense. A continuación, se encuentran las calizas del Senonense, sólo visibles hacia el norte. Encima, las calizas del Eoceno y del Mioceno. El Cretácico inferior en el sector de las sierras de Castril y Seca y el Jurásico superior en la Sierra del Pozo también constituyen acuíferos carbonatados con importancia.

Esta potente serie está afectada por pliegues de dirección NE-SO, vergentes hacia el NO y por importantes fallas normales e inversas de dirección paralela a los ejes de los pliegues y por fallas de salto en dirección perpendicular al eje de los mismos.

El conjunto de acuíferos de Quesada-Castril posee una extensión de unos 570 km<sup>2</sup> y unos 520 de superficie de afloramientos permeables, con altitudes superiores a los 800 m, aunque cotas superiores a 2.000 m también se superan en varios sectores de la Unidad.

Los límites se establecen al oeste por la falla del Alto Guadalquivir, y su continuación hacia el norte, compuesto, además por la formación triásica de Hornos-Siles. El límite SO es difícil de precisar, es un límite hasta cierto punto arbitrario dado por el sinclinal del nacimiento del Guadalquivir. Hacia el NE existe continuidad hidrogeológica y no hay límites establecidos. Los límites S y SE se deben al contacto discordante del Prebético con los materiales detríticos de la Depresión de Guadix – Baza.

Aproximadamente la mitad norte se conoce como Zona de Relieve Invertido, donde los núcleos sinclinales constituyen los relieves montañosos. Los núcleos sinclinales están constituidos por carbonatos cretácicos y terciarios que conforman pequeños

acuíferos colgados que se individualizan en más de una veintena con distintos nombres locales.

Los carbonatos jurásicos subyacentes constituyen acuíferos susceptibles de almacenar un volumen de reservas importante.

La zona central de la Unidad se encuentra en parte dentro de la cuenca endorreica de los llanos de Hernán-Pelea, situada entre las cuencas del Guadalquivir y del Segura, concretamente dentro del sector de Pinar Negro con 130 km<sup>2</sup> de superficie. La falla de Puebla de Don Fadrique, de orientación ONO-ESE, separa hidrogeológicamente esta Unidad de la U.H. 07.07 Fuente-Segura-Fuensanta, en donde el elevado grado de karstificación que han sufrido los carbonatos del Cretácico superior y del Terciario aflorantes, favorece una rapidísima infiltración de las precipitaciones. La región Sur de la Unidad, Sector de Pliegues y Pliegues-falla, se podría subdividir en tres sectores coincidentes con los grandes antiformes de las sierras del Pozo (160-170 km<sup>2</sup>), Castril (120 km<sup>2</sup>) y Seca (80 km<sup>2</sup>).

Los materiales acuíferos principales están compuestos por formaciones carbonatadas del Cretácico y Terciario y Cretácico, respectivamente.

La poligonal vigente de la Unidad de Quesada-Castril en la Cuenca del Guadalquivir está definida por los vértices cuyas coordenadas UTM para el huso 30 son las siguientes:

VÉRTICE	COOR. X	COORD. Y
1	545758,75	4259771,00
2	537841,50	4207065,00
3	537549,62	4202994,00
4	524022,19	4187393,50
5	523746,38	4177396,50
6	517432,62	4171131,50

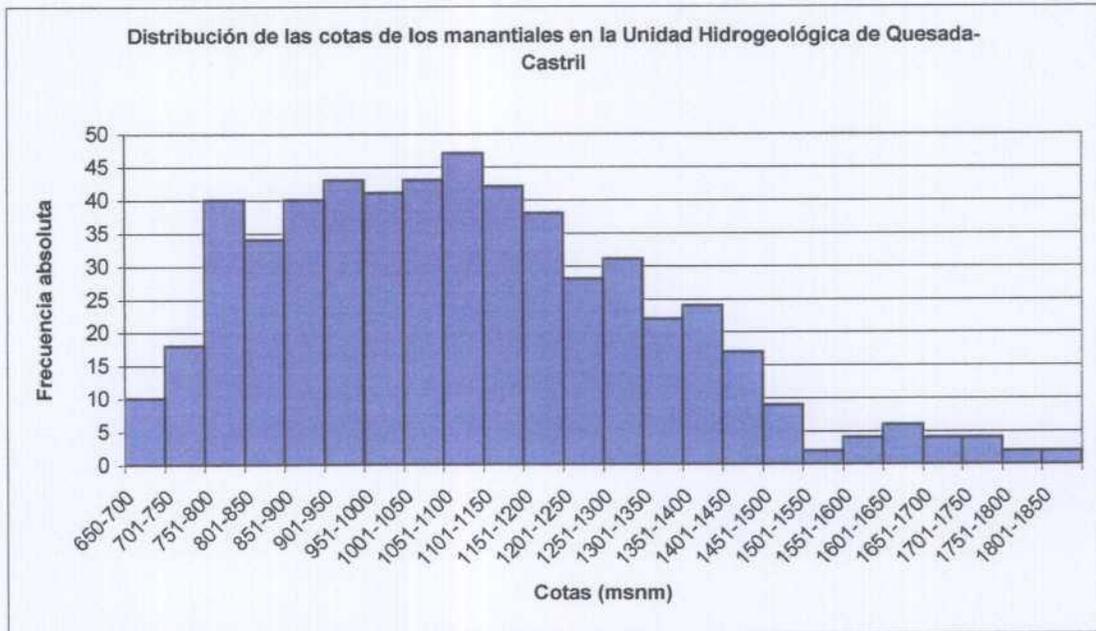
VÉRTICE	COORD. X	COORD. Y
7	498457,12	4176466,00
8	510524,19	4207045,00
9	518092,88	4217342,00
10	530409,50	4249889,80
11	545758,75	4259771,00

### 6.2.1. Inventario de puntos de agua

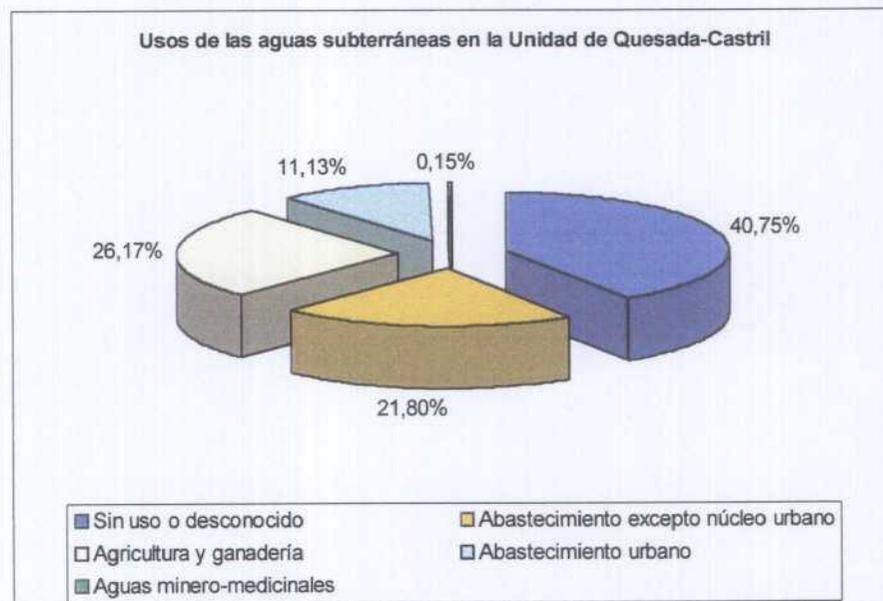
En la Unidad Hidrogeológica de Quesada-Castril (05.02), según la Base de Datos de Puntos de Agua del ITGE, hay inventariados 665 puntos, de los cuales el 83% corresponden a manantiales (551) y el resto a obras de captación, con 64 sondeos, 34 pozos, 9 galerías y 7 pozos con galería.

En los sondeos inventariados se observa el predominio de uso del método de perforación por rotoperforación, con un total de 30 obras, por lo que el diámetro de perforación que predomina oscila entre 325 y 170 mm, mientras que en 15 sondeos realizados a percusión el diámetro de perforación llega a alcanzar los 500 mm. La profundidad de las captaciones oscila entre los 20 y 500 metros, pero sólo hay dos sondeos con una profundidad superior a los 300 metros, siendo más frecuentes las profundidades situadas entre 100 y 200 metros.

La cota de los manantiales se sitúa entre los 660 y 1.840 m s.n.m., siendo el intervalo de cota más frecuente entre 750 y 1.150 m s.n.m.



Los usos dados a las aguas subterráneas se distribuyen en el siguiente gráfico, observándose el elevado porcentaje de uso en agricultura y ganadería. El gráfico no representa el porcentaje de utilización de los caudales sino el porcentaje del uso dado por puntos inventariados.



### 6.2.2. Redes de control. Definición y descripción

La Unidad de Quesada-Castril con anterioridad a la realización de este Proyecto no disponía de red de control por lo que para cumplir uno de los objetivos de dicho Proyecto ha sido necesario crear, partiendo del inventario disponible más el de nueva realización, la red de hidrometría, piezometría y calidad.

Además, se ha realizado una campaña flash de calidad con objeto de tener una visión más amplia de las facies químicas que la Unidad puede presentar.

#### 6.2.2.1. Red hidrométrica

Esta Unidad cuenta con un gran número de manantiales así como cauces que presentan un drenaje importante y que se ha considerado adecuado su control dentro de este Proyecto.

Esta red se ha estado controlando entre mayo de 1.996 y octubre de 1.997 y los puntos correspondientes se relacionan a continuación.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS	NATURALEZA
223660001	Aguasmulas	4	Manantial
223710001	Aguas Negras	4	Manantial
213770022	Nto. Guadalquivir	5	Manantial
223740002	Fte. Montilla	5	Manantial
223740010	Molino del Sabuco	3	Manantial
223480053	Nto. San Blas	3	Manantial
223520014	Ojuelo	5	Manantial
223760008	Juan Ruiz	5	Manantial
223760009	La Magdalena	5	Manantial
223750001	Lezar	5	Manantial
22376C/B	Río Castril	4	Cauce

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS	NATURALEZA
22375C/A	Río Castril	4	Cauce
223770002	Natividad	4	Manantial
223770019	Nto. río Guardal	5	Manantial
223770003	Nto. de Enmedio	3	Manantial
22377GGA	Río Guardal	4	Cauce
223820003	Los Tubos	4	Manantial
213840005	Ftes. Nuevas	4	Manantial
213840009	Guazalamanco	5	Manantial
213870003	Pte. de la Cerrá	4	Manantial
213870005	Cuenca Alta	4	Manantial
213880019-25	Peralta	4	Manantial
223480041	Arroyo Llano	2	Manantial
223480004	Las Sabinas	3	Manantial
223530026	Fte. del Tejo	1	Manantial
22353T/A	Río Trujala	3	Cauce
223480030	Fte el Pardo	2	Manantial
22348GCA	Ayo. la Canálica	3	Cauce
213780004	Siete Fuentes	3	Manantial
213780005	Vado de las Carretas	3	Manantial
21378G/A	Río Guadalentín	3	Cauce
223710007	Fte. de la Reina	3	Manantial
213780002	Fte. de la Garganta	3	Manantial
223540002	Rolamiel	1	Manantial
223530004	Fte. del Convento	3	Manantial

Con objeto de conocer y controlar con más precisión el drenaje de la Unidad se propone en el marco de este Proyecto el acondicionamiento de los siguientes puntos.

- Nacimiento del Guadalquivir (nº ITGE 213770022)
- El Túnel (nº ITGE 213770025). El acondicionamiento habría que realizarlo 2,5 km aguas abajo, en el Puente de las Herrerías.
- Fuente de Montilla (nº ITGE 223740002).

- Molino de Peralta (nº ITGE 213880019 a 25).
- Fuentesnuevas (nº ITGE 213840005).
- Fuente de la Cerrada (nº ITGE 213870003).
- Nto. Cuenca Alta (nº ITGE 213870005).

Así mismo, también se propone el acondicionamiento de los siguientes puntos, los cuales ya se han propuesto en otros proyectos realizados por el ITGE.

Amurjo (nº ITGE 223530079).

Arroyo de los Molinos (nº ITGE 223560057).

Rolamiel (nº ITGE 223540002).

Río Trujala (nº ITGE 223530072).

Además, se posee la siguiente infraestructura creada o utilizada en otros proyectos realizados por el ITGE.

La Natividad (nº ITGE 223770002). Tiene vertedero y caseta para instrumentación.

La Canal (nº ITGE 213830007) y Fuente Alta (nº ITGE 223770011) tienen caseta para instalar instrumental y curvas de gastos calculadas sobre el acondicionamiento existente.

#### 6.2.2.2. Red piezométrica

En esta unidad el número de sondeos es escaso, existiendo, por tanto, amplios sectores de la misma donde las únicas referencias de la piezometría se restringen a los manantiales.

Las medidas de nivel se efectuaron entre septiembre de 1.996 y octubre de 1.997, siendo los puntos de control los que a continuación se relacionan.

<b>Nº ITGE</b>	<b>TOPONIMIA</b>	<b>MEDIDAS</b>
223530088	Trujala	4
223810009	Mármoles Castril	4
213840024	Abonos Gissona	3
223530082	Armurjo	3
223470037	Abto. Benatae	3
223470038	Abto. Benatae	3

### 6.2.2.3. Red de calidad

La red de calidad por el mismo motivo que la de hidrometría presenta un gran número de puntos de control. Así, los puntos seleccionados se pretende que recojan las características químicas de los sectores más significativos de la Unidad.

Los puntos pertenecientes a la red se relacionan a continuación.

<b>Nº ITGE</b>	<b>TOPONIMIA</b>	<b>MUESTRAS</b>
223660001	Aguasmulas	3
223710001	Aguas Negras	3
213770022	Nto. del Guadalquivir	3
223740002	Fte. Montilla	3
223740010	Molino del Sabuco	3
223480053	Nto. San Blas	3
223520014	Ojuelo	3
223480030	Fte. el Pardal	3
213780004	Siete Fuentes	3
213780002	Fte. de la Garganta	3
223540002	Rolamiel	3
223530004	Fte. del Convento	3
223760008	Juan Ruiz	3

Nº ITGE	TOPONIMIA	MUESTRAS
223760009	La Magdalena	3
223750001	Lezar	2
223770002	Natividad	3
223770019	Nto. río Guardal	3
223820003	Los Tubos	3
213840005	Ftes. Nuevas	3
213840009	Guazalamanco	3
213870005	Cuenca Alta	3
213880019 a 25	Peralta	3
223480041	Ayo. Llano	3
223480004	Las Sabinas	3
223530026	Fte. Del Tejo	3
223440057	Parideras	2
223530082	Armujó	3
223470037	Abto. Benatae	3

Las muestras pertenecientes a la red de calidad se tomaron entre enero de 1997 y octubre de 1.997, mientras que la campaña flash se realizó entre agosto y octubre de 1.996.

En la campaña flash de calidad se ha recogido 56 muestras.

### 6.2.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales

El nivel de base impermeable de la Unidad es las arcillas del Trías, mientras que los principales materiales acuíferos están constituidos por la formación dolomítica Cenomaniense-Turoniense, con unos 300 metros de espesor.

Dentro del Jurásico en la Unidad Hidrogeológica no hay niveles impermeables significativos, ya que la mayoría de materiales aflorantes son carbonatos de alta permeabilidad. En el Cretácico inferior existen dos niveles de baja permeabilidad con

suficiente entidad; el primero corresponde a una alternancia de margas y margocalizas de edad Berriasiense-Barremiense, con una potencia superior a los 150 metros; y el segundo está compuesto por margas arenosas de edad Valangiense-Hauteriviense, que alcanzan una potencia superior a los 200 metros en la hoja de Pozo-Alcón. A pesar de existir niveles carbonatados de orden métrico y bancos carbonatados de rudistas, estos niveles se encuentran separados entre sí por niveles margosos con suficiente potencia para impedir el flujo del agua entre los niveles carbonatados, por lo que la formación geológica en su conjunto tiene baja permeabilidad con niveles locales de alta permeabilidad, aunque sin suficiente entidad para ser cartografiados.

Durante el Cretácico superior y el Terciario destacan tres formaciones de baja permeabilidad. En primer lugar, margas arenosas de edad Senoniense-Eoceno, de comportamiento acuicludo, y cuya potencia se incrementa hacia el NE, pasando de unos 40 m al SO de Sierra Seca, a 80 m cerca del Embalse de San Clemente. A continuación un conjunto de afloramientos esencialmente margosos datados como Langhiense-Tortonense inferior, aunque se encuentran olistolitos de edad triásica hasta miocena que se disponen a muro del conjunto alóctono subbético. La formación, en su conjunto, tiene una permeabilidad baja debido a las margas, aunque localmente presenta zonas de alta-media permeabilidad en olistolitos de materiales carbonatados y areniscas. Por último, unas margas blancas pertenecientes al relleno de la Depresión del Guadalquivir que en la Unidad Hidrogeológica de Quesada-Castril no son relevantes, ya que presentan escaso desarrollo, tienen poca potencia y no constituyen la base de ninguna formación acuífera.

#### **6.2.4. Funcionamiento hidrogeológico**

##### **6.2.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica**

Esta Unidad Hidrogeológica se define sobre los niveles permeables del dominio Prebético interno, geográficamente situados en las sierras del Pozo, Castril y Segura,

que tienen continuidad cartográfica con la Unidad de la Cuenca del Segura 07.07 Fuente Segura-Fuensanta.

El dominio Prebético interno, en este sector, se caracteriza por una gran variabilidad de secuencias litológicas, siendo frecuentes los cambios laterales de facies, una estructuración en mantos de cabalgamiento y escamas, y el acuñamiento de formaciones, sobre todo en el Cretácico. En consecuencia, se genera una compartimentación de los diferentes horizontes permeables, dando como resultado acuíferos independientes.

Los horizontes permeables diferenciados, de muro a techo de la serie estratigráfica, son los siguientes:

1. Dolomías y calizas del Lías inferior, de 200 a 300 m de potencia, que se extiende como horizonte permeable en la base de la Unidad.

2. Calizas del Portlandiense, separadas del tramo anterior por una ritmita margoso calcárea. Afloran en la Sierra del Pozo y margen derecha del Guadalquivir, pasando de una potencia de 200 en la primera, a sólo 20 m en los afloramientos más septentrionales.

3. Calizas bioclásticas, en ocasiones totalmente dolomitizadas, del Valanginiense. Afloran en las sierras del Pozo, Castril y Seca y, hacia el norte, llegan solamente hasta el río Borosa. La potencia mínima es 40 m.

4. Dolomías y calizas del Aptiense – Albiense, con intercalaciones de arcillas y arenas de la Formación Utrillas. Afloran solamente en las sierras de Castril y Seca, donde alcanzan hasta 400 m de potencia, mientras que en la del Pozo sólo se ha reconocido un máximo de 30 m. En el resto de la zona, el tramo cambia de facies a margas y calizas.

5. Dolomías y calizas del Cenomaniense. Es el horizonte permeable de mayor extensión de afloramiento de la Unidad, variando su potencia de 100 a 180 m. En el borde meridional de la Unidad se adelgaza y, al SE de Sierra Seca, se acuña.

6. Calizas del Senoniense y Paleógeno. Se presentan en afloramientos reducidos en el flanco E de Sierra del Buitre y N de Sierra de Castril.

7. Calizas del Mioceno. Afloran en los núcleos de los sinclinales, con potencias de hasta 50 m.

La estructura general comprende dos unidades tectónicas: una inferior, denominada Sierra del Pozo – Hornos, y otra superior, Sierra Castril – Segura, que llega a superponerse sobre los sedimentos miocenos de techo de la primera.

Internamente, la estructura de ambos conjuntos es parecida, con una zona septentrional de carácter prácticamente tabular, mientras que hacia el sur comienzan a plegarse, pasando a pliegues apretados y finalmente a una estructura en escamas.

Esta geometría genera una compartimentación hidrogeológica que permite identificar los siguientes conjuntos permeables, de norte a sur:

- Padroncillo
- Jurásico de Hornos
- Acuíferos colgados de Siles – Orcera
- Jurásico del río Aguas Mulas
- Acuífero del Borosa
- Arroyo Frío
- La Canal -Torre del Vinagre
- Cabañas – Gualay
- Pinar Negro
- Sierra Seca
- Castril de la Peña
- Bolera
- Sierra de Castril
- Peralta

Las características de cada uno de estos conjuntos se describen a continuación:

#### Padroncillo

Constituido por la formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense sobre una base de arenas y arcillas del Utrillas que reposan en discordancia sobre calizas y arcillas del Lías. Su forma es la de un sinclinal colgado NE-SO y su superficie permeable es de 5,5 km<sup>2</sup>.

#### Jurásico de Hornos

El acuífero se corresponde con un afloramiento dolomítico de edad Lías–Dogger, de hasta 300 m de potencia, que se extiende por la vertiente oriental del río Hornos y su prolongación meridional hasta el embalse del Tranco.

Las dolomías se disponen sobre las arcillas impermeables triásicas y, hacia el este, se encuentran solapadas bien por una ritmita margoso–calcárea del Kimmeridgiense, o directamente por la Formación Utrillas. Muy localmente estos dos tramos se encuentran laminados y entran en contacto con dolomías cenomanienses. El acuífero tiene estructura tabular, o ligeramente buzante al este, con carácter colgado a lo largo de todo su borde occidental y septentrional. La extensión superficial de afloramientos permeables es de 30 km<sup>2</sup>.

#### Acuíferos colgados de Siles – Orcera

Se trata de una serie de afloramientos aislados de dolomías del Cenomaniense, que se encuentran colgados sobre la Formación Utrillas y en alguna ocasión reposan directamente sobre el Jurásico de Hornos. Estos acuíferos forman parte de las unidades hidrogeológicas 07.36 y 07.14.

### Jurásico del río Aguasmulas

Corresponde a una serie de pequeños afloramientos de dolomías del Lías – Dogger, estructurados en núcleos anticlinales situados en la margen derecha del río Guadalquivir, en su confluencia con el río Aguasmulas. El límite occidental del acuífero viene definido por una falla inversa que superpone las arcillas triásicas sobre los afloramientos permeables, mientras que en el resto, las dolomías están solapadas por la ritmita margoso calcárea del Kimmeridgiense. La extensión total de afloramiento permeable es de 7,1 km<sup>2</sup>.

### Acuífero del Borosa

Se define sobre un alargado afloramiento de dolomías y calizas bioclásticas del Valanginiense, localizado a media ladera de la margen derecha del río Guadalquivir, entre el río Borosa y la Sierra del Pozo, que llega a alcanzar una potencia de hasta 300 m. Tanto a muro como a techo, presenta sendos niveles de calizas y margas de edad Berriasiense y Barremiense, que lo independiza del resto de horizontes permeables. En el sector meridional, en la Sierra del Pozo, el acuífero se reduce a una estrecha franja buzante al este, mientras que hacia el norte se ensancha y se muestra plegado en una serie de sinclinales y anticlinales vergentes al oeste.

En los núcleos de los primeros, y sobre las margas de techo, afloran dolomías cenomanienses, e incluso de calizas miocenas en retazos de reducida extensión. En amplias zonas del borde oeste, el acuífero se encuentra colgado sobre el impermeable, mientras que en el resto, su límite viene marcado por el impermeable de techo. Su extensión total es de 73,5 km<sup>2</sup>, de los que 51 km<sup>2</sup> corresponde a superficie permeable.

### Arroyo Frío

El acuífero está formado por dolomías del Lías inferior y por las calizas del Portlandiense aflorantes en la margen derecha del río Guadalquivir, entre el núcleo de Vadillo de Castril y Peñón Quemado. El conjunto alcanza una potencia total cercana a 400 m. Se dispone sobre arcillas triásicas y es solapado por margas y calizas del Berriasiense, presentando un nivel intercalado de calizas y margas del Kimmeridgiense de 30 m de potencia. Su borde SO está definido por una fractura que lo pone en contacto con el acuífero Viñuela, de la Unidad de Cazorla. La extensión del acuífero es de 8 km<sup>2</sup>.

### La Canal - Torre del Vinagre

Incluye dos afloramientos de calizas del Portlandiense, de unos 200 m de potencia, ubicados en la vertiente occidental de la Sierra del Pozo, entre la falla de Tíscar, al sur, y Puente de las Herrerías, al norte. En el borde oriental las calizas son solapadas por las margas del Berriasiense; en la parte sur están limitados por depósitos miocenos del Guadiana Menor; por el oeste cabalga sobre las calizas miocenas del acuífero Nacimiento del Guadalquivir y su substrato de margas cretácicas; y por el borde norte se encuentran sobre margas y calizas de edad Kimmeridgiense. La superficie así delimitada tiene una extensión de 16,5 km<sup>2</sup> de materiales permeables. Entre los dos afloramientos mencionados que forman este acuífero, existe continuidad hidráulica bajo las margas de techo.

### Cabañas – Gualay

Este acuífero incluye los tramos carbonatados del Valanginiense y Cenomaniense localizados en las cumbres y ladera oriental de Sierra del Pozo. Alcanzan potencias de 300 y 200 m respectivamente, y se encuentran afectados por unas escamas en la zona de cumbres, mientras que en el resto se muestran con una estructura

monoclinal buzante al este. Entre ambos niveles carbonatados se localiza una secuencia de margas, calizas y arenas del Cretácico inferior, que dificulta su conexión hídrica. La superficie del acuífero es de 74 km<sup>2</sup>, de los que 43 km<sup>2</sup> corresponden a afloramientos permeables.

#### Pinar Negro

Se encuentra sobre una extensa altiplanicie que está al norte de la Sierra de Castril, formada en su práctica integridad por dolomías cenomanienses y calizas paleógenas y miocenas. También incluye unos afloramientos de dolomías del Valanginiense, aflorantes en un núcleo anticlinal en la cabecera del río Guadalentín. En el borde occidental el conjunto permeable reposa sobre la Formación Utrillas y un paquete de margas y calizas del Cretácico inferior. La falla de Puebla de Don Fadrique actúa de límite septentrional y, a través de ella, contacta con el acuífero Palomas de la Unidad 07.07; por el este viene limitado por el cabalgamiento de Sierra Seca; y por el sur se establece un límite abierto con los acuíferos de las Sierras de Castril y Bolera. La superficie de afloramiento es de 185 km<sup>2</sup>, e incluye una cuenca endorreica desarrollada en la divisoria de las cuencas del Guadalquivir y Segura.

#### Sierra Seca

El acuífero se extiende sobre los afloramientos de calizas y dolomías del Aptiense – Albiense y Cenomaniense que llegan a superar los 400 m de potencia. Puntualmente también incluye calizas del Paleógeno. La estructura corresponde a un anticlinal asimétrico vergente al oeste, con el flanco occidental cabalgado sobre margas miocenas y calizas de Pinar Negro. La ritmita margoso calcárea del Cretácico inferior de base, llega a aflorar en el Barranco de La Canal. En el flanco oriental y borde meridional de la estructura, los tramos permeables se adelgazan y cambian progresivamente a facies de margas, mientras que por el norte está separado del acuífero

Guillimona, perteneciente a la Unidad 07.07, por la falla de Puebla de Don Fadrique. La superficie de afloramiento permeable es de 81 km<sup>2</sup>.

#### Castril de la Peña

Se define sobre el tramo de dolomías y calizas del Valanginiense infrayacentes al acuífero de Sierra Seca, aflorante en el Barranco de La Canal, en las inmediaciones de la localidad de Castril de la Peña. La potencia visible es de 150 m. La extensión del afloramiento es de 7,5 km<sup>2</sup>, si bien debe extenderse bajo todo el acuífero Sierra Seca.

#### Sierra de Castril

El acuífero abarca los tramos permeables aflorantes en el anticlinal de las sierra de Castril y la del Buitre, constituidos por dolomías y calizas del Aptiense – Albiense, Cenomaniense y delgados niveles del Paleógeno y Mioceno. Por el borde este y sur, el acuífero es solapado por margas del Mioceno, mientras que por el norte el límite es abierto con Pinar Negro. En el borde oeste, también es solapado por un afloramiento de margas Miocenas, bajo las cuales puede haber continuidad con el acuífero Bolera. La superficie del acuífero es de 60 km<sup>2</sup>.

#### Bolera

Se identifica en un anticlinal asimétrico y vergente al oeste, ocupado en su mayoría por dolomías cenomanienses, a los que se le adosa una orla de calizas del Mioceno y un afloramiento de dolomías del Valanginiense que ocupa el núcleo de la estructura, en la cabecera del río Guadalentín. Por el este, oeste y sur, el acuífero está solapado por margas del Mioceno, bajo las que puede conectar con los acuíferos Sierra de Castril y Cabañas – Gualay, mientras que por el norte hay un límite abierto con Pinar Negro. En su apéndice meridional, los afloramientos permeables se encuentran dentro del vaso del embalse de la Bolera. Su extensión es de 28,5 km<sup>2</sup>.

### Acuífero Peralta

Comprende un afloramiento de dolomías cenomanienses ubicado en Cerro Bermejo y estribo izquierdo del embalse de la Bolera y otro de reducidas dimensiones localizado aguas abajo, junto al cauce del río Guadalentín, en ambos casos recubiertos por margas del Mioceno. Su extensión es de 5 km<sup>2</sup>.

#### 6.2.4.2. Piezometría

En esta Unidad, la geometría está condicionada por la tectónica de pliegues y fallas y por el grado de desmantelamiento del relieve. Las principales surgencias, se sitúan en la mitad sur, con cotas comprendidas entre los 950 y los 1.300 m. Cabe significar que existen varios sondeos en la parte septentrional de la Unidad; aún así apenas se dispone de datos de piezometría.

El acuífero Padroncillo posee varios manantiales de escaso caudal entre los que merece la pena mencionar el 233410118 (Fuente del Acebo) a 1.220 m s.n.m. en la cuenca del Segura, que vierte hacia el NE. En la cuenca del Guadalquivir y vertiendo hacia el SO, destaca el 233410029 (1.080 m s.n.m.).

En el acuífero Jurásico de Hornos, la descarga se realiza en dirección este, hacia el río Trujala, por varios manantiales dispersos. Destaca el manantial del Ojuelo (22352014) situado a una cota de 830 m, que drena hacia el acuífero de Carrasco.

Respecto a los datos que han podido obtenerse hay que mencionar que junto al cauce del arroyo de Orcera se construyó un sondeo (22353082), en el que el nivel piezométrico se sitúa a una cota de 780 m.

En el acuífero Jurásico de Aguasmulas, existen numerosas salidas difusas hacia el río Borosa cuyas cotas varían desde los 700 a los 1.100 m.

En el borde meridional del acuífero de Arroyo Frío existen varias surgencias, situadas a cotas bastante diferentes, pasando en una distancia inferior a 1 km, de los 780 m (21374017) a los 870 m (21374038). La descarga se produce hacia el eje central de drenaje que constituye el río Guadalquivir a su paso por este acuífero.

El acuífero de La Canal - Torre del Vinagre, está drenado por un número relativamente importante de puntos de agua, de los cuales, los más importantes son La Canal (21383007) cuya cota de surgencia es de 860 m y El Túnel (213770025) a 1.050 m. El primero, drena hacia el norte con caudales medios en torno a los 160 l/s, mientras que el segundo descarga al sur, hacia el Guadiana Menor, con caudales medios superiores a 100 l/s.

El acuífero de Cabañas – Gualay, presenta también, dos direcciones de flujo principales: una hacia el Este, cuyas aguas son reguladas por el embalse de La Bolera, con cotas de surgencia cercanas a los 1.200 m (manantial de Guazalamanco, 21384009) y caudales medios superiores a los 70 l/s, y otra hacia el Sur (manantial de Cuenca Alta, 22387005) con caudales medios de 35 l/s a una cota cercana a los 900 m.

En el acuífero Pinar Negro, el drenaje se realiza por dos grandes surgencias, una hacia el sur (Nacimiento del río Castril, 22376010) situado a 1.220 m, con caudales medios de 490 l/s y otra hacia el oeste (Aguas Negras, 22371001) localizado a 1.250 m y caudal medio de 280 l/s.

En el acuífero de Sierra Seca, las descargas se producen en ambos flancos del anticlinal, situándose las cotas de surgencia entre 1.100 y 1.200 m. Las situadas en el flanco oriental (Natividad, 22377003; Fuente Alta, 223770019 y Fuente de En Medio, 22377003), drenan hacia el río Guardal y, las del occidental (Juan Ruiz, 22376008),

hacia el río Castril. Existe también una descarga difusa hacia el sur, en dirección al acuífero de Castril de la Peña.

El acuífero de Castril de la Peña, drena por una única surgencia, manantial de Los Tubos (223820003), situado a una cota de 1.080 m, en el afloramiento más meridional.

En el acuífero de Sierra de Castril las principales emergencias se localizan en su flanco oriental, en el contacto con las margas del Mioceno suprayacentes, (Magdalena 223760009, Lézar 223750001, Huerto Morcillo 223760007), a cotas comprendidas entre 1.000 y 1.100 m. En el borde sur del acuífero se localizan los manantiales de Fuentes Nuevas (213840005) a la cota 1.100 m, en un pequeño afloramiento aislado pero conectado con el acuífero. Aparentemente hay continuidad hidráulica en el acuífero, pero entre ambos flancos del anticlinal el substrato margoso describe un umbral, que los individualizaría entre sí.

El principal punto de descarga del acuífero Bolera se localiza en su extremo meridional (Fuente Guadalentín, 213840003), que surge a la cota 950 m dentro del vaso del embalse de La Bolera y periódicamente queda anegado por las aguas del embalse. También existen manantiales en el borde norte, como Siete Fuentes (213780004), situados a la cota 1.130 m, que drenan hacia la cabecera del río Guadalentín.

En el acuífero de Peralta, el único punto de surgencia corresponde a las fuentes del Molino Peralta (213880022), localizado a 860 m en el extremo meridional de los afloramientos permeables.

#### **6.2.5. Parámetros hidráulicos**

Un rasgo destacable es la escasez de información a este respecto en el conjunto de esta Unidad, que es fiel reflejo del reducido número de sondeos existentes.

En los sondeos de reciente construcción, realizados en las dolomías jurásicas del acuífero Hornos, se han obtenido los siguientes valores de transmisividad:

Nº inventario	Nombre	T (m <sup>2</sup> /día)	Q (l/s)
223530082	Armujó II	650	50
223470038	Benatae	500	25
223530088	Trujala I	40	12

Los dos primeros valores se pueden considerar elevados y propios de un acuífero dolomítico con un moderado desarrollo kárstico, mientras que el tercero es de baja transmisividad y debe encuadrarse en una zona de karstificación poco desarrollada, o de carácter localizado.

Por su parte, en el acuífero Sierra de Castril se encuentra el sondeo 213840023, de abastecimiento a Almicerán (Cazorla), en el que se ha calculado una transmisividad de 15 – 20 m<sup>2</sup>/día, que se considera baja, con un caudal de ensayo de 15 l/s.

## 6.2.6. Características físico-químicas

### 6.2.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas

La caracterización hidroquímica de las aguas de esta Unidad se ha basado en 183 análisis químicos de las aguas de la misma, repartidos por todos los acuíferos en que se ha subdividido, excepto los de Aguasmulas y Borosa, que carecen de análisis. Dichos análisis han sido realizados en 3 sondeos y 41 manantiales. Por acuíferos destacan el de Pinar Negro, con 49 análisis (aunque 36 se concentran en 3 puntos), y los del Jurásico de Hornos, Cabañas-Gualay, Sierra Seca y Sierra de Castril, con más de una decena de análisis en cada uno y repartidos espacialmente, de forma que permiten una mejor caracterización de éstos. En el resto de acuíferos los análisis son poco numerosos

(Bolera, con 2 análisis del mismo punto): La Canal-Torre del Vinagre dispone de 36 análisis referidos a 4 puntos; Arroyo Frío 15 análisis en 2 puntos; Castril de la Peña 7 análisis en 2 puntos y Molino Peralta 9 análisis de un mismo punto. Todos los análisis son posteriores a 1.989 y en más de un 45 % posteriores a 1.996. La campaña más completa es la realizada en agosto-septiembre de 1.996, con una treintena de análisis, algo escasa para una adecuada visión de la distribución espacial dada la subdivisión de esta Unidad en 12 acuíferos diferentes (sin contar los 5 diferenciados en la cuenca del Segura).

La información disponible se muestra en sendas tablas que reflejan respectivamente las características generales de los puntos de muestreo, los resultados analíticos y la caracterización general de las aguas (tablas 4.1 a 4.3 del Anejo de Hidroquímica). Así mismo se han representado los datos en diagramas de Piper (uno general para la Unidad Hidrogeológica, otros 10 de los respectivos acuíferos con datos y 6 más correspondientes a puntos de control con más de 10 análisis), diagramas de los parámetros D'Amore para cada análisis, gráficos de correlación de la conductividad con cada uno de los aniones mayoritarios y de diversos aniones o cationes entre sí, y, en los puntos con más de 10 análisis, gráficos de evolución temporal de los aniones y cationes mayoritarios, correspondientes al período 1.989/1.997 (gráficos 4.1 a 4.4 del Anejo de Hidroquímica).

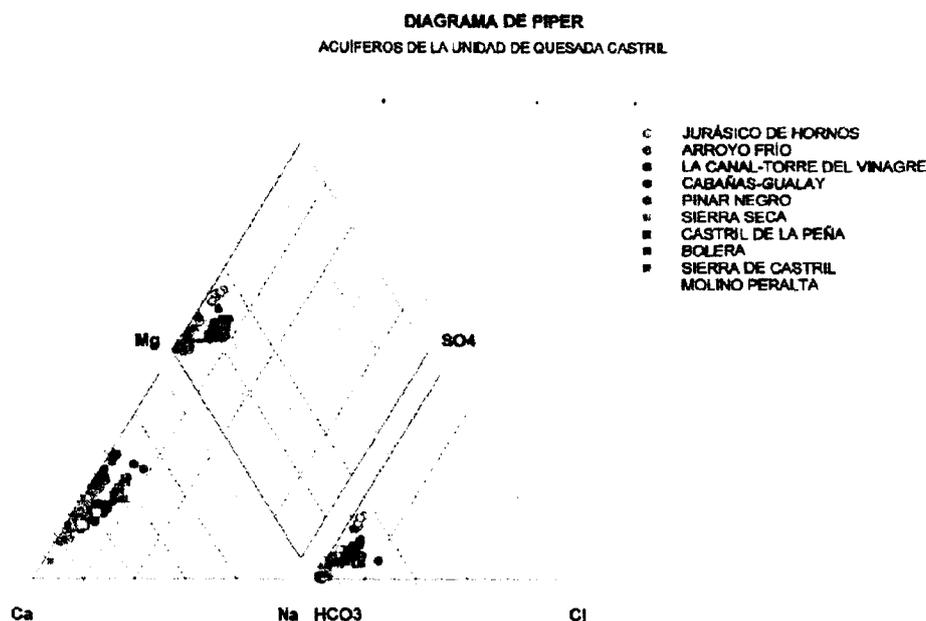


Diagrama de Piper de la Unidad de Quesada-Castril

En esta Unidad las aguas presentan también unas características muy homogéneas en todos los acuíferos, con conductividades que se pueden calificar de bajas a medias, siempre comprendidas entre 215 y 685  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y, en su mayoría, inferiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor medio de los 183 análisis es de 377  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Todos los valores de conductividad por encima de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  corresponden al Jurásico de Hornos o a puntos relativamente anómalos de Sierra de Castril o Castril de La Peña, mientras que los inferiores a 300 predominan en Pinar Negro y Sierra Seca, con valores puntuales en Sierra de Castril y otros acuíferos.

Las facies hidroquímicas son predominantemente bicarbonatadas, variables de cálcicas a magnésicas, y en segundo término puede haber localmente una cierta incidencia de sulfatos o cloruros, poco acusada. Los contenidos iónicos en los diversos componentes mayoritarios son lógicamente bajos o moderados y característicos de aguas procedentes de materiales calizo dolomíticos: 130 a 375 mg/l de bicarbonatos, inferior a 40 mg/l los sulfatos (aunque excepcionalmente se superan los 50-100 mg/l, en puntos anómalos), menos de 40 mg/l y generalmente menos de 10 mg/l para los

cloruros, de 1 a 26 mg/l para el sodio y de 30 a 100 mg/l para el calcio. El contenido en nitratos es muy bajo en general, inferior a 15 mg/l en todos los análisis, y en varios de los acuíferos es prácticamente nulo.

Dentro de esa homogeneidad relativa y casi generalizada, tan sólo destacan algunos puntos con anomalías locales y/o temporales poco acusadas, aunque cabe destacar los siguientes aspectos más característicos:

1) El acuífero Jurásico de Hornos suele presentar los mayores valores absolutos de sulfatos, bicarbonatos, calcio y magnesio, así como los valores más altos de conductividad. Precisamente el máximo valor analizado en esos parámetros, para toda la Unidad, corresponde al sondeo de abastecimiento 223530082, de unos 100 metros y ubicado en el extremo septentrional del acuífero, con clara incidencia de sulfatos. Las facies de mayor influencia de sulfatos se sitúan en este acuífero.

2) Los acuíferos de Sierra Seca y, en menor medida, Pinar Negro y Sierra de Castril se caracterizan, por el contrario, por presentar los valores más bajos de conductividad y aguas de naturaleza fuertemente bicarbonatada cálcica, con las menores proporciones relativas de magnesio dentro de este acuífero, hechos coherentes con el predominio de calizas como horizonte acuífero.

3) Los restantes acuíferos de esta Unidad presentan aguas de naturaleza intermedia entre los dos grupos anteriores, sin embargo, localmente, se aprecian puntos anómalos respecto a su entorno próximo o con oscilaciones temporales significativas, probablemente por la influencia local y/o estacional de materiales evaporíticos (yesos o halita), como es el caso de los siguientes puntos:

- Manantial de La Canal (213830007). Este manantial, sin uso directo conocido y de difícil acceso, presenta oscilaciones significativas de conductividad, sulfatos, cloruros y sodio, que aunque dentro de valores moderados, confieren al agua facies de influencia clorurada o sulfatada, sin perder su carácter bicarbonatado. Se ubica en el

extremo meridional del acuífero La Canal-Torre del Vinagre, próximo a materiales triásicos y miocenos.

- Los dos manantiales asociados al acuífero de Castril de la Peña (223760008 y 223820003, uno en cada afloramiento del acuífero) presentan característica netamente diferentes entre sí en diferentes iones, con facies extremadamente bicarbonatadas cálcicas en el primero e influencia de cloruros en el segundo citado.

- El sondeo 223810009, del acuífero Sierra de Castril, presenta los máximos absolutos de este acuífero en conductividad, sulfatos, sodio, magnesio y potasio, con valores hasta cuatro veces superiores a los restantes del acuífero para alguno de esos parámetros, quizá por influencia de terrenos margo-arcillosos o sulfatados.

- El acuífero de Molino Peralta destaca, en el único punto con análisis, por presentar los mayores valores relativos de cloruros y sodio de esta Unidad (salvo algún valor estacional del manantial de La Canal que lo supera en cloruros) y de los menores en bicarbonatos y calcio. Los 9 análisis del mismo punto presentan, además, oscilaciones significativas de las concentraciones en cloruros y sodio, así como en menor medida de sulfatos, magnesio y calcio.

4) De los 6 puntos en que se dispone de datos de evolución temporal del período 1989-97 (gráficos 4.4 del anejo de Hidroquímica), tan sólo cabe destacar oscilaciones más o menos significativas de algunos iones (en algunos casos sulfato y calcio, generalmente paralelas entre sí y en otros cloruros y sodio) también debidas probablemente a influencia de materiales evaporíticos. En ningún caso se observan tendencias que puedan indicar un empeoramiento progresivo de la calidad del agua, aunque en todo caso los datos de evolución disponibles son muy precarios, al no existir hasta la fecha un control periódico de tipo sistemático.

5) El contenido en nitratos de las aguas subterráneas es muy bajo en toda la unidad, con valores inferiores a 10 mg/l en la todos los acuíferos excepto el de Sierra de Castril que alcanza un máximo de 15 mg/l y una media global de 1 mg/l en los 183 análisis disponibles.

#### 6.2.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

Los acuíferos incluidos en esta Unidad se pueden considerar muy vulnerables a la contaminación en sus afloramientos, al tratarse de materiales carbonatados con permeabilidad por fisuración y karstificación (dolomías y calizas de diferentes tramos, desde el Lías al Mioceno, esencialmente).

En las encuestas municipales de focos de contaminación realizadas para el proyecto cuya tabla-resumen se incluye en el Anejo de Hidroquímica (tabla nº 5), no se ha detectado ningún foco puntual de contaminación cuyo grado de afección pueda ser significativo dentro de esta Unidad, aunque cabe indicar que podrían afectar a la calidad de las aguas subterráneas, entre otras, las actividades agrícolas o la ganadería extensiva sobre los afloramientos carbonatados. En cualquier caso los contenidos en nitratos detectados hasta la fecha no parecen indicar una contaminación significativa de ese tipo en el ámbito de estos acuíferos.

El muestreo específico de nitratos realizado para el proyecto en noviembre/diciembre de 1.998, cuyos resultados se resumen en la tabla nº 6 (Anejo de Hidroquímica), tan sólo incluía 3 puntos en el ámbito de esta unidad: 1 en el acuífero de Aguasmulas y 2 en el Jurásico de Hornos, todos correspondientes a manantiales utilizados en parte para abastecimiento. En el caso de Aguasmulas el punto muestreado está dentro de los límites detectados hasta la fecha en los análisis disponibles (con un contenido ínfimo, de 1 mg/l) y en los del Jurásico de Hornos los contenidos en nitratos son superiores en ambos puntos a los antes reseñados con carácter general para ese acuífero (25 y 28 mg/l en los puntos 223470013 y 70004, respectivamente, mientras que el máximo detectado en ese acuífero en los restantes análisis era de 9 mg/l). Dichos valores podrían indicar una cierta contaminación local, cuyas causas habría que explicar con un estudio detallado en cada caso, aunque en principio son valores admisibles. Las

concentraciones en nitritos y amonio, también analizadas en dicha campaña, son nulas en todos los puntos de muestreo de esta unidad.

#### **6.2.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones**

El carácter montañoso y la escasez de población en el espacio ocupado por la Unidad, propicia que el uso directo de sus recursos sea reducido, circunscribiéndose al aprovechamiento de los manantiales de los acuíferos ubicados al norte y sur, donde se encuentran los núcleos habitados. La mayor parte de los recursos se vierten a cauces y son regulados por los embalses de San Clemente, sobre el río Guardal, Castril, sobre el río del mismo nombre, Bolera, sobre el Guadalentín y Tranco, sobre el Guadalquivir. En el cuadro de la página siguiente se exponen los principales usos directos.

ACUÍFERO	USOS Y DEMANDAS DE AGUA							TOTAL	
	ABASTECIMIENTO URBANO			REGADIO			Tomas		
Núcleo	Hab.	Demanda	Tomas	has	Demanda	Tomas			
La Canal-Torre del Vinagre	Huesa	2.441	0,21	213830007 M	> 100 (olivar)	>0,3	Excedentes del punto 213830007	0,51	
	Ceal (Huesa)	49							
	Belerdas (Queada)	336							
Cabañas - Gualay	Cuenca (Hinojares)	106	0,01	223870005 M	80 (olivar)	0,24	Excedentes del punto 223870005	0,25	
Arroyo Frio	Urbanizaciones (Cazorla)	100	0,1	Varias fuentes	0			0,1	
Boiera			0		0			0	
Borosa			0		0			0	
Aguasmulas			0		0			0	
Pinar Negro			0		0			0	
Hornos	Orcera *	2.064	0,33	0,43	223530011 M 223530079 M 223520042 S 223530082 S 223470034 M 223470019 S 223470033 M 223470003 M 223570009 M 223570035 M	30 (huerta)	0,21	Varios manantiales	0,64
	Benatae *	497	0,04						
	Hornos *	414	0,03						
	Ojuelo	250	0,02						
	Robledo	195	0,01						
Sierra Castriil	Varias aldeas de Castriil	600	0,1	223810008 S	85	0,6	213840005	0,7	
Peraña			0		0			0	
Castriil	Castriil de La Peña	975	0,07	223820003 M	100 (huerta) 200 (olivar)	0,7	Excedentes del punto 223820003	1,37	
Sierra Seca	• Castilléjar	2.400	0,4	223770002 M	30	0,21	22376008	0,61	
	• Benamaurel	2.700							
TOTAL			1,23			2,95		4,18	

- (1) Demanda urbana calculada con una dotación de 210 l/hab. y día
  - (2) Demanda para regadío calculada con una dotación de 7.000 m<sup>3</sup>/has/año
  - (3) Valores en hm<sup>3</sup>/año
- \* Núcleo de población que se abastece de varios acuíferos.

### 6.2.8. Balance hídrico

La realización de un balance hídrico detallado de la unidad hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril resulta en extremo complicado, a juzgar por la información disponible referente a su recarga y descarga. El principal problema viene dado por la inexistencia del control en las zonas donde se producen salidas ocultas o difusas, puesto que, presumiblemente, se producen descargas de varias decenas de  $\text{hm}^3/\text{año}$ , como es el caso del embalse de la Bolera, o a los tramos inferiores de los ríos Aguasmulas y Borosa.

En el caso del embalse de la Bolera, el estudio del hidrograma de aportaciones se ve dificultado por las importantes pérdidas del vaso, que rebaja los caudales de estiaje y minimiza la proporción de aportaciones subterráneas. Mientras que en los otros dos casos, el agua es finalmente vertida al río Guadalquivir, que también recoge las aportaciones procedentes de la vecina unidad 05.01 Sierra de Cazorla, con lo que no queda discriminado, en el cómputo global de aportaciones, qué parte corresponde a cada una de las unidades hidrogeológicas implicadas.

Por otro lado, se trata de una Unidad hidrogeológica común a dos cuencas hidrográficas, Guadalquivir y Segura, con lo que la realización del balance resulta más compleja. A ello se añade las incertidumbres respecto al funcionamiento hidrogeológico en algunos sectores y las relaciones mutuas entre acuíferos.

Por tal motivo, se ha elaborado una aproximación del balance hídrico de la Unidad, que debe ser revisado o modificado conforme se avance en el conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos que la componen.

Para una mejor estimación de los valores del balance se ha procedido a la realización de los balances parciales bien de cada acuífero, o bien de conjuntos de acuíferos que tienen algún tipo de relación entre sí.

A grandes rasgos se puede considerar que el funcionamiento hidrogeológico de esta unidad hidrogeológica se hace en régimen natural, con unas extracciones por bombeo irrelevantes en comparación al drenaje natural a través de los manantiales. La recarga se produce por la infiltración del agua de lluvia en la superficie de afloramientos permeables, y también de la infiltración procedente de las precipitaciones en forma de nieve, producida fundamentalmente durante la época de deshielo.

La inexistencia de estaciones climáticas en las altitudes en las que se encuentra la mayor parte de la zona de recarga, originaría unos márgenes de error muy elevados al calcular la lluvia útil con datos de estaciones situadas en lugares alejados y a cotas sensiblemente más bajas. Por lo tanto, la alimentación por infiltración de las precipitaciones se ha evaluado utilizando el coeficiente de infiltración obtenido en el acuífero de Sierra Seca, cuyas descargas han sido íntegramente controladas en este proyecto, que representa el 33 % de las precipitaciones medias.

## ACUÍFERO PADRONCILLO

### Alimentación

La precipitación media sobre los afloramientos permeables es de 777 mm/a (estación 7085). La lluvia útil es de 497 mm/a que, con un coeficiente de infiltración del 60 % da como resultado 296 mm/a de infiltración sobre 2,5 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables, que suman un total de 0,74 hm<sup>3</sup>/a.

### Salidas

Se realizaron 6 medidas en la sección de aforo 23342SRA en el arroyo de la Casa Rosa, al oeste de Riópar y en la cuenca del Segura, con los siguientes resultados:

Fecha	Caudal (l/s)
29-5-1996	18,15
23-10-1996	2,24
20-1-1997	142,88
15-4-1997	6,20
15-7-1997	1,00
28-10-1997	1,00

El caudal más representativo fue el que circuló en mayo de 1.996 (18,15 l/s) equivalente a  $0,57 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

#### Balance

Existe una diferencia entre entradas ( $0,74 \text{ hm}^3/\text{a}$ ) y salidas ( $0,57 \text{ hm}^3/\text{a}$ ) de  $0,17 \text{ hm}^3/\text{a}$ , que se pueden considerar como salidas no controladas, probablemente hacia el suroeste en la cuenca del Guadalquivir.

#### JURÁSICO DE HORNOS

Este acuífero está atravesado por varios cauces de escorrentía permanente y, además, presenta a techo varios afloramientos de dolomías cenomanienses separados por niveles margoarenosos poco potentes, a través de los cuales puede existir transferencia hídrica.

#### Alimentación

Con los antecedentes comentados, la alimentación del acuífero es múltiple, por la percolación directa de las precipitaciones, por infiltración de la escorrentía superficial de los cauces que lo atraviesan y, finalmente por flujo subterráneo desde los acuíferos de techo.

La precipitación media sobre los afloramientos permeables es del orden de 850 mm/año, que para una superficie de afloramiento de 30 km<sup>2</sup> supone unos aportes de 24 hm<sup>3</sup>/año. Con el coeficiente de infiltración antes comentado, del 33% de las precipitaciones, resulta una recarga de 8,2 hm<sup>3</sup>/año.

No hay elementos para cuantificar los otros dos conceptos de la alimentación del acuífero, los cuales se evalúan por diferencia de los elementos del balance hídrico.

### Salidas

Durante el período 1.996 – 97 se han controlado las salidas en los lugares que se citan a continuación, indicando la magnitud de las mismas.

Río Trujala (22356GTA):	5,5 hm <sup>3</sup> /a
Molinos de Siles (2234GCA):	3,3 hm <sup>3</sup> /a
Fte. del Convento (223530004):	0,5 hm <sup>3</sup> /a
Fte. Ojuelo (223520014):	1,1 hm <sup>3</sup> /a
Sondeos de abastecimiento a Orcera (223520042 y 223530082):	0,5 hm <sup>3</sup> /a
Sondeos Benatae y Robledo (223470019 y 33 y 223530081):	0,2 hm <sup>3</sup> /a.

La suma total de las salidas controladas asciende a 11,1 hm<sup>3</sup>/a.

A ellas habría que sumarles unos 0,3 hm<sup>3</sup>/a de manantiales de pequeña entidad ubicados en el entorno de Hornos, y otros 1,1 hm<sup>3</sup>/a en el resto del borde occidental, con lo que el total de salidas ascendería de 12,5 hm<sup>3</sup>/a.

### Balance

La diferencia entre las entradas (8,2 hm<sup>3</sup>/a) y las salidas (12,5 hm<sup>3</sup>/a) se atribuye a la alimentación desde los acuíferos suprayacentes y de los arroyos que lo atraviesan, que ascendería a unos 4,3 hm<sup>3</sup>/a.

### ACUÍFEROS COLGADOS DE SILES-ORCERA

Estos acuífero han sido tratados con mayor detalle en el estudio de la Unidad Hidrogeológica 07.36, con el siguiente balance global:

Alimentación:	9 hm <sup>3</sup> /a exclusivamente de percolación de precipitaciones
Salidas :	1,7 hm <sup>3</sup> /a, por manantiales y cauces
Balance:	6,3 hm <sup>3</sup> /a de drenaje subterráneo hacia los jurásicos de Hornos y de la Cuenca del Segura.

### JURÁSICO DEL RÍO AGUASMULAS

#### Alimentación

La evaluación de la recarga se ha realizado aplicando la mejor aproximación del coeficiente de infiltración que se dispone (33% de la lluvia media, calculado con datos medidos en Sierra Seca) a la precipitación media, de 1.000 mm/a y a la superficie de afloramiento permeable, de 7 km<sup>2</sup>. Se obtienen de este modo una alimentación de 2,3 hm<sup>3</sup>/a.

### Salidas

Las descargas se efectúan por pequeños manantiales de borde localizados en el contacto con los materiales impermeables del Trías, pero no se dispone de datos cuantificados del caudal drenado. No existen sondeos en el acuífero.

En la confluencia del río Aguasmulas con el Guadalquivir existen datos de una serie de aforos realizados entre 1.970/72, en los que se registraron una aportación media de  $37 \text{ hm}^3/\text{a}$ . En dicha aportación se incluye el drenaje del manantial Aguasmulas, que se considera la salida más importante del acuífero Palomas, y que es el único de entidad inventariado en esta pequeña cuenca vertiente, evaluado entre  $16$  y  $20 \text{ hm}^3/\text{a}$  a partir de los registros de aforo. La diferencia entre ambos, de  $17$  a  $21 \text{ hm}^3/\text{a}$  corresponde tanto a la aportación superficial de la cuenca intermedia, de  $18 \text{ km}^2$ , como a las salidas naturales por los manantiales de borde antes citados.

Si se considera que la escorrentía en una cuenca de este tamaño y morfología, puede suponer hasta el 50% de las precipitaciones, resultaría una aportación superficial de unos  $9 \text{ hm}^3/\text{a}$ , cifra inferior a la medida, por lo que el resto, de hasta  $10 \text{ hm}^3/\text{a}$ , correspondería a las salidas difusas del acuífero tratado.

### Balance

La diferencia entre entradas y salidas arroja un superávit en torno a  $7,7 \text{ hm}^3/\text{a}$ , que deben proceder de percolación desde los acuíferos suprayacentes o colindantes, como Pinar Negro, Borosa, o Palomas, este último perteneciente, en su mayor parte, a la Cuenca del Segura. La mayoría de sus recursos se drenan hacia la Cuenca del río Guadalquivir a través del manantial de Aguasmulas.

## ACUÍFERO DEL BOROSA

Al igual que en el caso anterior, se trata de un acuífero que subyace a las formaciones permeables de las cumbres de Sierra Segura, de las que pueden recibir importantes aportaciones subterráneas.

### Alimentación

Para calcular la alimentación por percolación de las precipitaciones, se ha estimado una lluvia media anual de 1.000 mm sobre los 51 km<sup>2</sup> de superficie permeable, lo que arroja unas aportaciones de 51 hm<sup>3</sup>/a. Para un coeficiente de infiltración del 33%, la alimentación al acuífero sería de unos 16,8 hm<sup>3</sup>/a.

### Salidas

En este acuífero no hay inventariado ningún manantial de entidad, aunque se conoce la existencia de salidas temporales de elevado caudal a los arroyos de Linarejos, que aguas abajo dan lugar a las espectaculares cascadas de Cola de Caballo, Frío y de las Truchas. También se sospecha que existe un importante drenaje disperso al río Borosa debido a los elevados caudales aforados en este cauce, antes de su confluencia con el Guadalquivir. En este punto se aforaron 47 hm<sup>3</sup> durante el año 1.971, de los que 10 hm<sup>3</sup>/año corresponden a los manantiales de Aguasnegras, asociados al acuífero Pinar Negro. Los 37 hm<sup>3</sup>/año restantes corresponderían a salidas subterráneas ocultas y escorrentía superficial.

Sobre el acuífero no hay sondeos de explotación de aguas subterráneas.

## Balance

Ante la carencia de datos para poder determinar la magnitud de las salidas, el balance no puede cuantificarse. Debido a las características de los acuíferos de alrededor y la interposición de límites abiertos entre ellos, debe existir un trasvase subterráneo de unos a otros, por consiguiente el volumen anual de las salidas naturales del acuífero ha de ser inferiores a los 37 hm<sup>3</sup>/año citados anteriormente.

## ARROYO FRÍO

### Alimentación

En este acuífero el río Guadalquivir surca por los terrenos permeables, por lo que en concepto de recarga, además de la infiltración de las precipitaciones, también ha de tenerse en cuenta la percolación de aguas superficiales.

La recarga por la lluvia se calcula en 3 hm<sup>3</sup>/a, obtenidos de aplicar el método de cálculo empleado en acuíferos precedentes, es decir una tasa de infiltración del 33% a los 1.150 mm/a total caída sobre los 8 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables.

### Salidas

Durante la ejecución de este proyecto se ha controlado, mediante aforo, la Fuente Los Caños (213740017), de la que surge un caudal de 0,4 hm<sup>3</sup>/a. Existen además otros manantiales menores en el contacto con el Trías, que totalizan unas salidas totales del orden de 1,2 hm<sup>3</sup>/a.

Pueden existir drenajes dispersos al río Guadalquivir en el tramo bajo del acuífero.

### Balance

De la comparación entre el cálculo de entradas y el de las salidas, se deduce un drenaje no cuantificado de 1,8 hm<sup>3</sup>/a, que puede estar vertiéndose al cauce del Guadalquivir, o alimentando subterráneamente al acuífero del río Borosa.

### ACUÍFERO LA CANAL – TORRE DEL VINAGRE

#### Alimentación

Este acuífero se sitúa a muro de otras formaciones permeables y es atravesado por el río Guadalquivir. Estas circunstancias hacen suponer que las fuentes de alimentación pueden ser, no sólo las precipitaciones directas sobre los afloramientos, desde los acuíferos situados a su techo e, incluso, por percolación del río.

En concepto de infiltración de la lluvia, se calcula un caudal medio de 6,5 hm<sup>3</sup>/a, obtenido de aplicar un coeficiente de infiltración del 33% a los 1.200 mm de precipitación media anual, que se registran sobre los 16,5 km<sup>2</sup> de afloramiento permeable.

#### Salidas

Se tienen controladas las dos surgencias principales del acuífero, registrándose los siguientes caudales durante 1.996–97:

La Canal (213830007):	5,1 hm <sup>3</sup> /a
El Túnel (213770025):	3,6 hm <sup>3</sup> /a

A estos caudales se les sumarían 0,5 hm<sup>3</sup>/a de otros manantiales menores, lo que totalizan 9,2 hm<sup>3</sup>/a.

Además, en el balance del acuífero Nacimiento del Guadalquivir se estimaron unos aportes subterráneos procedentes de este acuífero de hasta  $2,4 \text{ hm}^3/\text{a}$ , por lo que las salidas totales se elevarían a  $11,6 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

### Balance

El balance entre entradas y salidas directas arroja un déficit de alimentación de  $2,7 \text{ hm}^3/\text{a}$ , que se elevarían a  $5,1 \text{ hm}^3/\text{a}$  si se considera la alimentación subterránea hacia el acuífero del Nacimiento del Guadalquivir. Tal déficit sería cubierto por aportaciones subterráneas desde el acuífero Cabañas-Gualay y por otras provenientes de infiltración del río Guadalquivir.

### ACUÍFERO CABAÑAS – GUALAY

#### Alimentación

Los afloramientos permeables se extienden en las cumbres de la sierra del Pozo y no son atravesados por cauces de cuenca exteriores a los propios afloramientos dolomíticos, por lo que su alimentación se produce exclusivamente por la percolación de las precipitaciones.

Las aportaciones que se reciben por este concepto sobre la superficie permeable de  $43 \text{ km}^2$ , con una precipitación media anual de  $1.100 \text{ mm}$ , ascienden a  $47,3 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Aplicando un coeficiente de infiltración del 33% de tales precipitaciones, se obtiene una percolación de  $15,6 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

### Salidas

Las salidas se realizan exclusivamente a través de manantiales, ubicándose los más importantes en el tramo dolomítico cenomaniense. Durante el Proyecto se han controlado los siguientes manantiales:

Guazalamanco (213840009):	2,4 hm <sup>3</sup> /a
Cuenca Alta (223870005):	1,1 hm <sup>3</sup> /a

Existen otros manantiales importantes, como Canaliega (213780013), y menores, que en total pueden arrojar hasta 3,1 hm<sup>3</sup>/a.

Las salidas visibles suponen 6,6 hm<sup>3</sup>/a.

### Balance

La diferencia entre la cuantificación de entradas y salidas arroja unos drenajes ocultos de hasta 9 hm<sup>3</sup>/a, que corresponderían a los 5,1 hm<sup>3</sup>/a de aportaciones al acuífero La Canal – Torre del Vinagre y a 3,9 hm<sup>3</sup>/a que pueden alimentar al acuífero Bolera.

Según esta asignación, la mayor parte de los recursos de los afloramientos dolomíticos del Valanginiense aflorantes en la cumbre de Sierra del Pozo alimentarían a acuíferos más profundos, mientras que los recursos de las dolomías cenomanienses se drenarían por manantiales.

### PINAR NEGRO

En el altiplano de la cumbre de Sierra de Segura, donde está este acuífero, las precipitaciones durante los meses invernales son en forma sólida. La red superficial

tiene un escaso desarrollo e incluso hay una zona endorreica de extensión próxima a 40 km<sup>2</sup>.

#### Alimentación

La única fuente de alimentación del acuífero procede de la infiltración de las precipitaciones registradas sobre sus afloramientos permeables. Los aportes que se reciben por este concepto, sobre los 185 km<sup>2</sup> de afloramiento permeable y con registros de precipitaciones medias anuales de 1.100 mm, es de 203 hm<sup>3</sup>/a. Considerando que estos recursos se reciben en forma de nieve en un gran porcentaje, la existencia de zonas endorreicas y otras con intensa karstificación superficial, no es aventurado considerar un coeficiente de infiltración del 40%, lo que supondrían una alimentación de 81,4 hm<sup>3</sup>/a.

#### Salidas

Las salidas se realizan solamente por dos grupos de manantiales principales, incluidos en la red de aforos, que durante 1.996 – 97 drenaron los siguientes caudales:

Nacimiento del río Castril (223760010):	15,5 hm <sup>3</sup> /a
Aguasnegras y otros (223710001, 2 y 3):	9 hm <sup>3</sup> /a

En el contacto con el acuífero Palomas, tratado en la Cuenca del Segura, surge el manantial de Aguasmulas (223660001), de 20 hm<sup>3</sup>/a, que se ha relacionado con este último acuífero.

Las salidas alcanzan, por consiguiente 24,5 hm<sup>3</sup>/a.

### Balance

El balance hídrico arroja unas salidas ocultas superiores a los drenajes por manantiales, que suponen hasta  $56,9 \text{ hm}^3/\text{a}$ . Este trasvase de recursos se realiza fundamentalmente hacia los acuíferos de Bolera y Sierra de Castril, situados al sur. No se descarta que también exista drenaje a través de fallas o incluso de la formación Utrillas.

### SIERRA SECA Y ACUÍFERO CASTRIL DE LA PEÑA

En estos dos acuíferos superpuestos y aislados del resto de las formaciones permeables de la Unidad, se han controlado todas las salidas, y ha sido utilizado el coeficiente de infiltración, que se ha empleado par calcular las entradas de otros acuíferos de la región estudiada.

### Alimentación

La única alimentación de los acuíferos corresponde a la infiltración de las precipitaciones. Las aportaciones medias por lluvia son las siguientes:

Sierra Seca: con una superficie de afloramiento de  $81 \text{ km}^2$  y unas precipitaciones de  $950 \text{ mm/a}$ , se obtienen unas aportaciones de  $76,9 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

Castril de la Peña: con  $7,5 \text{ km}^2$  de afloramiento y  $600 \text{ mm}$  de lluvia, se alcanzan los  $4,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

El total de precipitaciones sobre estos afloramientos asciende a  $81,4 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

### Salidas

Los caudales controlados en la red fonómica son:

Nacimiento del Guardal (223770002, 3 y 17):	20,4 hm <sup>3</sup> /a
Fte. Juan Ruiz (223760008):	2,7 hm <sup>3</sup> /a
Los Tubos (223820003):	2,9 hm <sup>3</sup> /a
Otros no controlados:	0,5 hm <sup>3</sup> /a

Por tanto, las salidas totales ascienden a 26,5 hm<sup>3</sup>/a.

#### Balance

La proporción entre los aportes sobre los afloramientos permeables y las salidas supone un coeficiente de infiltración del 32,5 %, que redondeando se establece en el 33%.

Aplicando este mismo coeficiente a estos dos acuíferos, se obtiene los siguientes resultados:

#### Castril de la Peña

Entradas:	1,5 hm <sup>3</sup> /a
Salidas (Los Tubos):	2,9 hm <sup>3</sup> /a

Esto supone un superávit de 1,4 hm<sup>3</sup>/a, que son aportados desde Sierra Seca.

#### Sierra Seca

Entradas:	25,4 hm <sup>3</sup> /a
Salidas (resto de manantiales):	23,6 hm <sup>3</sup> /a

Esto supone unas salidas subterráneas hacia el acuífero infrayacente (Castril de La Peña) de  $1,8 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

La diferencia de este segundo balance es de tan solo  $0,4 \text{ hm}^3/\text{a}$ , por lo que se puede considerar ajustado.

### SIERRA DE CASTRIL

El límite norte del acuífero es de tipo abierto existiendo importantes transferencias desde Pinar Negro. La cuantificación de tales aportes laterales se ha obtenido al cuadrar el balance hidráulico.

#### Entradas

Se ha estimado una precipitación media de 1.100 mm, sobre los  $60 \text{ km}^2$  de afloramiento permeable, y un coeficiente de infiltración del 33 %, lo que arroja una alimentación por percolación de las precipitaciones de  $21,8 \text{ hm}^3/\text{a}$ .

#### Salidas

Se ha incluido como salida del acuífero el manantial de Fuentes Nuevas (223840005), que se localiza asociado a un pequeño afloramiento de calcarenitas del Mioceno superior situado a 3 km al sur del acuífero. De otra parte, las salidas existentes en la cabecera del río Castril han sido controladas en el punto de aforo 22376C/B, que incluye también las salidas del manantial del Nacimiento (acuífero Pinar Negro) y Juan Ruiz (acuífero de Sierra Seca).

La cuantificación de salidas en manantiales controlados durante 1.996–1.997, es la siguiente:

Manantial La Magdalena (223760009):	8,7 hm <sup>3</sup> /a
Fuente Lezar (223750001):	10,4 hm <sup>3</sup> /a
Fuentes Nuevas (223840005):	1,8 hm <sup>3</sup> /a
Huerto Morcillo (223760007) y otros (aforo 22376C/B descontadas las surgencias asociadas a otros acuíferos):	13,9 hm <sup>3</sup> /a

Lo que totalizan 34,8 hm<sup>3</sup>/a.

A este caudal habría que añadirle unos 0,5 hm<sup>3</sup>/a en concepto de drenaje de manantiales menores dispersos, y otros 0,5 hm<sup>3</sup>/a del volumen bombeado en sondeos situados en la zona de Cebas, destinados al abastecimiento de la población (223810008) y agricultura.

Por tanto las salidas totales ascienden a 35,8 hm<sup>3</sup>/a.

#### Balance

La diferencia entre las entradas y las salidas arroja un saldo negativo de 14 hm<sup>3</sup>/a, que en su integridad se asociarían a una alimentación subterránea desde el acuífero de Pinar Negro.

#### BOLERA Y PERALTA

El acuífero Bolera se encuentra en continuidad de afloramientos con el acuífero Pinar Negro y Sierra Castril, con los que puede tener importantes transferencias hídricas, mientras que en el acuífero Peralta se diferencian dos afloramientos, aislados y de pequeña extensión, por los que surgen importantes caudales que, proceden fundamentalmente de la infiltración desde el embalse de La Bolera. Estos acuíferos se tratan conjuntamente por la estrecha relación que tienen ambos con el embalse, en el primer caso como punto de drenaje oculto y en el segundo como fuente de alimentación.

### Alimentación

Para el caso del acuífero Bolera sólo se ha cuantificado la alimentación por percolación de precipitaciones. Las transferencias hídricas con otros acuíferos se han deducido del balance. Por otra parte, el cauce que lo atraviesa, río Guadalentín, corresponde a un eje de drenaje y su caudal está formado, en gran mayoría, por salidas de manantiales.

Así, sobre la superficie permeable de 28,8 km<sup>2</sup>, se han estimado unas precipitaciones de 1.000 mm/a. Aplicando el 33 % de coeficiente de infiltración, se obtienen unos recursos de 9,5 hm<sup>3</sup>/a.

En el acuífero Peralta se ha calculado un volumen de recursos de 1 hm<sup>3</sup>/a, obtenidos de estimar unas lluvias de 650 mm/a sobre 5 km<sup>2</sup> de afloramiento permeable, y un coeficiente de infiltración del 33 %.

### Salidas

Se han inventariados tres manantiales, dos de los cuales fueron objeto de control sistemático durante este proyecto. Los caudales aforados en el año 1.996/97 son:

Siete Fuentes (213780004):	4,6 hm <sup>3</sup> /a
Molino de Peralta (213880019):	53,8 hm <sup>3</sup> /a

Además la Fuente Valentín (213840003), en el vaso del embalse de la Bolera, tiene un caudal en épocas de estiaje, cuando el nivel de embalse se encuentra bajo, entre 400 y 500 l/s.

El manantial Molino de Peralta sufre importantes oscilaciones de caudal asociadas al nivel del embalse, existiendo una estrecha relación entre ambos. Antes de la construcción del embalse su caudal había sido evaluado en 250 l/s (ITGE-UG, 1991), lo que supone 7,9 hm<sup>3</sup>/a.

Para evaluar los aportes desde Fuente Valentín y de otras que pueden existir en el vaso del embalse, se ha realizado una descomposición del hidrograma de aportes teniendo en cuenta una superficie de cuenca vertiente de 232 km<sup>2</sup>, con los siguientes resultados:

Aportes período 1.960 – 1.991:	79,6 hm <sup>3</sup> /a
Aportes subterráneos:	11,9 hm <sup>3</sup> /a (14,9%)

La descomposición del hidrograma presenta el grave inconveniente de no considerar las importantes pérdidas del embalse, que minimiza el caudal de base, e induce un cálculo de recursos por defecto. Dentro de los trabajos efectuados en este estudio, la descomposición de los hidrogramas da los siguientes porcentajes de aportación de aguas subterránea:

- 30,1 % en GE-1, Embalse del Tranco
- 61,1 % en G-12, río Guardal en el Doctor
- 52% en E-135, Aguascebas en Mogón
- 55% en SE-1, Embalse de Anchuricas
- 54,7 % en SE-4, Embalse de la Novia.

De acuerdo con estos valores, se estima razonable considerar que el 55% de los aportes medidos son de origen subterráneo, lo que supondría un drenaje de los acuíferos a los ríos (embalses), en el periodo 1.960-1.991, de 43,8 hm<sup>3</sup>/a.

Para recalcular los aportes subterráneos al embalse, habría que sustraer los caudales de los manantiales ubicados aguas arriba, a saber:

Caudales de manantiales controlados aguas arriba (Siete Fuentes y Guazalamanco):	7 hm <sup>3</sup> /a
Salidas de manantiales no controlados a la cuenca del Guadalentín (Canaliega y otros):	3,1 hm <sup>3</sup> /a

Haciendo la operación algebraica (aportación subterránea menos caudal de manantiales), quedan 33,7 hm<sup>3</sup>/a, que supondrían las salidas desde Fuente Valentín y otras no controladas.

Las salidas del acuífero Bolera, por consiguiente, serían:

Siete Fuentes (213780004):	4,6 hm <sup>3</sup> /a
Fuente Valentín (213840003) y otras no controladas:	33,7 hm <sup>3</sup> /a

Salidas totales: 38,3 hm<sup>3</sup>/a

Mientras que del acuífero Peralta sólo se consideran las salidas anteriores a la construcción del embalse, evaluadas en 7,9 hm<sup>3</sup>/a.

Las salidas conjuntas de los dos acuíferos alcanzarían 46,2 hm<sup>3</sup>/a.

Balance

La diferencia entre entradas y salidas arroja un déficit de alimentación de 35,7 hm<sup>3</sup>/a, que debe proceder de la alimentación subterránea desde Pinar Negro y Cabañas – Gualay.

En el acuífero de Peralta el déficit evaluado es de  $6,9 \text{ hm}^3/\text{a}$ , aportados por el acuífero Bolera, mientras que este último recibiría los  $33,7 \text{ hm}^3/\text{a}$ , desde Pinar Negro y Cabañas – Gualay. Los excedentes hídricos evaluados en los balances individuales de estos dos acuíferos son de  $42,9 \text{ hm}^3/\text{a}$  y  $3,9 \text{ hm}^3/\text{a}$  respectivamente ( $46,8 \text{ hm}^3/\text{a}$ ), suficientes para justificar las mencionadas salidas ocultas.

### **6.3. UNIDAD ANTIGUA DE LA SIERRA DE SEGURA-CAZORLA (07.07)**

La originaria Unidad 07.07 de las Sierras de Segura-Cazorla (ITGE-DGOH, 1988) ha sido subdividida en 5 unidades dentro del Proyecto del Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura en ejecución por la Confederación Hidrográfica del Segura (1997) siguiendo un criterio de agrupación de acuíferos con características similares y de importancia relativa de los mismos. Las unidades así subdivididas son las siguientes:

- 07.36 Calar del Mundo
- 07.14 Segura-Madera-Tus
- 07.07 Fuente Segura-Fuensanta
- 07.37 Anticlinal de Socovos
- 07.39 Castril

Se propone no incluir esta última Unidad (07.39 Castril), puesto que la mayor parte de su extensión pertenece a la Cuenca del Guadalquivir.

Estas divisiones coinciden con dos grandes agrupaciones de acuíferos de diferente comportamiento hidráulico. Así, se puede distinguir una primera zona de acuíferos colgados o relieve invertido en la mitad NO y otra zona al SE caracterizada por la abundancia de pliegues y pliegues-falla. La primera se correspondería aproximadamente con las nuevas unidades 07.14 y 07.36, mientras que la segunda lo haría con las unidades 07.07 y 07.37.

En origen, esta división viene dada por criterios estructurales y geomorfológicos de forma que la parte noroccidental incluye pliegues suaves de gran radio al mismo tiempo que un importante encajamiento de la red de drenaje, mientras que la parte suroriental ha sufrido mayores esfuerzos tectónicos que han dado como resultado

pliegues más apretados y más fracturas en combinación con una menor incisión de la red fluvial.

La Zona de Pliegues y Pliegues-Falla se sitúa en la parte suroccidental y occidental del Prebético interno de las sierras de Segura-Cazorla que abarca desde la margen derecha del río Segura, hasta la depresión de Moratalla y la Falla de Socovos al E y NE, y hasta el extremo SO de estas sierras en el Alto Guadalquivir (Aguasmulas y Borosa) y la cuenca septentrional del Alto Guadiana Menor (La Canal, Guadalentín, Castril y Guardal).

La formación de mayor interés hidrogeológico sigue siendo la dolomítica del Cenomaniense-Turoniense, aunque también están presentes otras formaciones como las calizas del Eoceno en la parte meridional del Anticlinal de Socovos y Loma del Sapillo en el área de Nerpio, junto con calizas miocénicas en la Sierra de Góntar, también en el Anticlinal de Socovos, en el entorno de la Sierra de Taibilla y en el Calar de Pilillas.

La estructura se caracteriza por la presencia e pliegues de dirección aproximada N 30° E y vergencia O aunque en las proximidades de la Falla de Socovos pueden variar a N 50° E e incluso aparecer vergencias opuestas, hacia el SE. En ocasiones los flancos se encuentran invertidos y afectados por fallas inversas (pliegues-falla). Por otro lado, existen importantes fallas de desgarre dextrales perpendiculares a los ejes de los pliegues y con desplazamientos de varios kilómetros (Falla de Tiscar, de la Puebla de D. Fadrique, de Pontones-Santiago y de Socovos).

Los materiales carbonatados forman bandas paralelas a los pliegues que suelen dar lugar a afloramientos ininterrumpidos de hasta 60 km como ocurre entre el embalse de la Bolera y Calar de Pilillas.

La existencia de varios niveles de interés acuífero, la complejidad estructural y la gran continuidad de afloramientos carbonatados hace muy difícil establecer los límites y

la geometría de los acuíferos. Cabe destacar que los accidentes tectónicos involucrados, no siempre representan límites hidrogeológicos cerrados.

Se ha establecido una primera división en tres unidades hidrogeológicas: 07.37 Anticlinal de Socovos que ocupa la parte más oriental, la 07.07 Fuente Segura-Fuensanta en la parte occidental y la 07.39 Castril, en una pequeña zona del extremo suroccidental.

### **6.3.1. Inventario de puntos de agua**

La realización del inventario de puntos de agua ha venido básicamente determinada por la fusión del existente en la Base de Datos de Aguas del ITGE y el proporcionado por la Confederación Hidrográfica del Segura, aunque en el desarrollo de este estudio se han registrado algunos puntos nuevos y se han actualizado muchos de los ya inventariados anteriormente.

#### **U.H. 07.14 Segura-Madera-Tus**

Esta Unidad posee un total de 578 puntos acuíferos inventariados de los cuales 547 son manantiales. El resto de los puntos se distribuyen en 22 pozos y 9 sondeos.

#### **U.H. 07.36 Calar del Mundo**

Presenta un total de 347 puntos acuíferos, todos ellos manantiales.

#### **U.H. 07.37 Anticlinal de Socovos**

Esta Unidad posee un total de 651 puntos acuíferos cuyo desglose es el siguiente:

- Manantiales      406 (62 %)
- Pozos              135 (21 %)

- Sondeos 62 (10 %)
- Pozos con galería 13 (2 %)
- Pozos con sondeo 6 (1 %)

#### **U.H. 07.07 Fuente Segura-Fuensanta**

Presenta un total de 448 puntos acuíferos con el desglose siguiente:

- Manantiales 421 (93,9 %)
- Pozos 20 (4,6 %)
- Sondeos 6 (1,3 %)
- Galerías 1 (0,2 %)

#### **6.3.2. Redes de control. Definición y descripción**

No existen redes de control previas a la realización de este estudio si se exceptúa la Unidad Hidrogeológica de Anticlinal de Socovos, por lo que en del desarrollo del mismo se han medido una serie de puntos (muchos de ellos de nuevo inventario), con el fin de mejorar el conocimiento hidrogeológico de los acuíferos.

#### **Unidad Hidrogeológica 07.14 Segura-Madera-Tus**

##### Red hidrométrica

Los acuíferos pertenecientes a esta Unidad se caracterizan por poseer numerosos manantiales pero de escaso caudal por lo que para la determinación de los volúmenes drenados por los mismos ha sido necesaria en gran medida, el control de secciones de aforo sobre los cauces provenientes de estos acuíferos y que reciben el aporte de dichos manantiales.

El período de medida abarca desde julio de 1.996 hasta noviembre de 1.997 a lo largo de 6 campañas de medición sobre 38 secciones de aforo (158 medidas) de las cuales 31 se han realizado sobre cauces y sólo 7 sobre manantiales. Entre las realizadas sobre cauces, se han distinguido dos clases: aquellas que recibían el aporte de los manantiales situados aguas arriba (20) y en las que se perseguía la determinación de posibles relaciones río-acuífero mediante aforos diferenciales (11). Por último cabe mencionar que tres de las secciones de aforo diferencial están compartidas: dos con la U. H. 07.36 Calar del Mundo (23345STA y 23345STC) y una con la U. H. 07.07 Fuente Segura-Fuensanta (23353SSA).

Para un mejor conocimiento de los caudales de algunos de los acuíferos de esta Unidad, se propone el acondicionamiento de las secciones siguientes:

- Arroyo Escudero o de los Collados (23343SEA)
- Arroyo de los Huecos (23355SHA)
- Arroyo de las Gorgollitas (23355SGA)

En la tabla siguiente se representan las secciones de aforo de esta Unidad:

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	TIPO
2234-8-0004	Las Sabinas	3	Manantial
2234-8-0030	Fuente del Pardal	2	Manantial
2234-8-0041	Arroyo Llano	2	Manantial
2235-4-0017	Fuente del Tejo	4	Manantial
2235-7-SCA	Arroyo de Cabeza Gorda	1	Cauce
2235-7-SMA	Río Madera - Cjos. de Rocanales	1	Cauce
2235-7-STA	Arroyo Tres Aguas	2	Cauce
2235-8-SBA	Barranco de Barbúa	5	Cauce
2235-8-SCA	Arroyo Cortijo de Fontarrón	5	Cauce

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	TIPO
2334-3-0037	Fuente del Lanero	6	Manantial
2334-3-SEA	Arroyo Escudero	6	Cauce
2334-3-SMA	Río Mundo-Quejigal	1	Aforo diferencial
2334-3-SMB	Río Mundo-Camping	1	Aforo diferencial
2334-4-SPA	Arroyo del Pardal	6	Cauce
2334-5-SCA	Arroyo de la Camarica	5	Cauce
2334-5-SOA	Arroyo Collado Tornero	6	Cauce
2334-5-STA	Río Tus-Collado Tornero	5	Aforo diferencial
2334-5-STC	Río Tus-Aserradero	6	Aforo diferencial
2334-7-0015	Fuente de Vallehermoso	6	Manantial
2334-7-STB	Río Tus-Pajareles	1	Aforo diferencial
2334-7-STC	Río Tus-Llano de la Torre	1	Aforo diferencial
2334-8-SMA	Arroyo Morote	6	Cauce
2335-1-SAA	Arroyo Alcantarilla	5	Cauce
2335-1-SCA	Arroyo Cabeza de la Mora	6	Cauce
2335-1-SEA	Arroyo de la Espinea	6	Cauce
2335-1-SJA	Prado de Juan Ruiz 1	4	Cauce
2335-1-SPA	Prado de Juan Ruiz 2	4	Cauce
2335-2-SMA	Arroyo Madera	6	Cauce
2335-2-SSA	Río Segura-Rincón de Lozano	2	Aforo diferencial
2335-2-SSB	Río Segura-Casa del Río	2	Aforo diferencial
2335-3-SSA	Río Segura-Vado de Siseros	4	Aforo diferencial
2335-3-SSB	Río Segura-Muela de Paules	4	Aforo diferencial
2335-3-SSC	Río Segura-Puente de la Graya	4	Aforo diferencial
2335-3-STA	Arroyo Tinjarra	6	Cauce
2335-5-0063	Fuente de los Cuatro Caños	6	Manantial
2335-5-SCA	Arroyo Cortijo de los Hornos	6	Cauce
2335-5-SGA	Arroyo de las Gorgollitas	6	Cauce
2335-5-SHA	Arroyo de los Huecos	6	Cauce
<b>TOTAL</b>		<b>158</b>	-

Se propone la siguiente red de control, con el fin de poseer un mejor conocimiento de los siguientes acuíferos:

ACUÍFERO	PUNTO
Navalperal	2234-8-0041
Espino	2235-4-0017
Cujón	2334-3-0037
	2334-4-SPA
Herrada	2334-3-SEA
	2334-8-SMA
Calar del Pino	2235-8-SBA
Calar de la Sima	2334-5-SCA
	2334-5-SOA
	2334-5-STA
	2334-5-STC
	2335-1-SAA
	2335-1-SEA
	2335-2-SMA
Calar de Cobos	2335-5-0063
	2335-5-SGA
	2335-5-SHA

### Red piezométrica

Apenas existen sondeos en esta Unidad debido la existencia de gran cantidad de manantiales y a la escasa población. Por otro lado, el carácter colgado de los acuíferos trae consigo espesores saturados reducidos en el entorno de la surgencia y poca capacidad de reserva. Es por ello que los manantiales no permiten una aceptable regulación artificial mediante sondeos en estas condiciones.

En 6 sondeos se han realizado medidas de los cuales dos de ellos (sondeo Jartos 233470083 y sondeo de los Collados 233430081) están enclavados íntegramente en las poco permeables formaciones de techo del Cretácico inferior y por tanto fuera de cualquier acuífero definido. Pero aunque los demás captan las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, alcanzan en profundidad los materiales del ya citado Cretácico inferior por lo que sus caudales son bajos. Existe un último sondeo (233440078) que se encuentra instalado, enclavado en las citadas dolomías y que abastece a Peñarubia pero que no se puede medir.

Los sondeos con medidas de esta Unidad se representan en la tabla siguiente:

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	USO
2334-3-0079	Sondeo del Lanero	6	ninguno
2334-3-0080	Sondeo de las Hoyas	6	abastecimiento
2334-3-0081	Sondeo de los Collados	2	abastecimiento
2334-4-0087	Sondeo Molinicos	6	abastecimiento
2334-7-0001	Sondeo del Mercado	6	ninguno
2334-7-0083	Sondeo Jartos	6	ninguno
<b>TOTAL MEDIDAS</b>		<b>32</b>	-

Estos mismos sondeos se proponen para que formen parte de una futura red de control piezométrico.

#### Red hidroquímica

Se poseen datos históricos aislados de puntos de esta Unidad pero nunca ha existido una red de control periódico. Con ocasión de este estudio se han realizado una serie de campañas de recogida de muestras que son las siguientes:

- Campaña flash. Recogida de muestras de manantiales.

- 4 campañas de recogida de muestras en la mayoría de secciones de aforo ya indicadas.
- 2 campañas de muestras en manantiales de zonas de focos potenciales de contaminación.

En la tabla-resumen siguiente se expresan el número de puntos y de muestras analizadas en este estudio así como las totales incluyendo las históricas, para cada acuífero:

ACUÍFERO	ESTUDIO PAIH		TOTALES (PAIH+HISTÓRICOS)	
	PUNTOS	MEDIDAS	PUNTOS	MEDIDAS
Calar de la Sima	17	41	33	58
Cabeza Gorda	1	2	1	2
Calar de Peñarubia	1	3	3	6
Espino	1	4	3	20
Moro-Balasma	1	3	4	9
Tinjarra	6	8	15	18
Calar del Pino	1	3	3	8
Ardal	2	5	2	5
Calar de Cobos	5	11	5	13
Herrada	11	21	11	21
Cujón	7	14	7	14
Aislados (Cret. inf.)	6	6	8	9
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>121</b>	<b>95</b>	<b>183</b>

Se propone una red de control hidroquímico que incuya los siguientes puntos:

ACUÍFERO	PUNTO
Navalperal	2234-8-0041
Espino	2235-4-0017
Calar de Cobos	2235-8-0022
Herrada	2334-3-0022
Cujón	2334-3-0037
Tus	23334-6-0087
Ardal	2334-7-0061
Calar de la Sima	2335-5-0063

### Unidad Hidrogeológica 07.36 Calar del Mundo

#### Red hidrométrica

Esta Unidad está constituida por un único acuífero que presenta una serie de surgencias a cotas muy variables, con caudales y regímenes muy diversos.

El período de medida de este estudio abarca desde julio de 1.996 hasta noviembre de 1.997 a lo largo de 6 campañas de medición sobre 18 secciones de aforo (88 medidas), de las cuales 15 se han realizado sobre cauces y sólo 3, sobre manantiales. Entre las realizadas sobre cauces, se han distinguido dos clases: aquellas que reciben el aporte de manantiales situados aguas arriba (11) y las que se trata de determinar posibles relaciones río-acuífero mediante aforos diferenciales (4). De estas últimas secciones, dos están compartidas con el acuífero Calar de la Sima de la U.H. 07.14 Segura-Madera-Tus (23345STA y 23345STC).

En la tabla siguiente se representan las secciones de aforo de esta Unidad:

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	TIPO
2234-8-GCA	Arroyo de la Canalica	3	Cauce
2234-8-GMA	Arroyo de los Molinos	6	Cauce
2234-8-0053	Nacimiento de S. Blas	2	Manantial
2234-8-GRA	Río Carrizas	6	Cauce
2334-5-0058	Fuente de Riofrío	6	Manantial
2234-4-GCA	Arroyo de Cotillas	6	Cauce
2334-1-GPA	Arroyo de la Puerta	6	Cauce
2334-2-SMA	Río Mundo	6	Cauce
2334-2-0071	Ayo. Fte. San Agustín	6	Manantial
2334-3-SCA	Ayo. de la Celada	6	Cauce
2334-7-SBA	Arroyo Bravo	6	Cauce
2334-6-SEA	Arroyo de la Tejera	3	Cauce
2334-6-SSA	Arroyo de la Sierra	6	Cauce
2334-5-SMA	Arroyo de las Marinas	5	Cauce
2334-5-STA	Río Tus-Coll. Tornero	5	Aforo diferencial
2334-5-STC	Río Tus-Aserradero	6	Aforo diferencial
2334-6-STA	R.Tus-Pte.Ctra. Yeste	2	Aforo diferencial
2334-6-STC	R.Tus-Balneario	2	Aforo diferencial
<b>TOTAL MEDIDAS</b>		<b>88</b>	

Se propone una red hidrométrica futura, que puede incluir los siguientes puntos:

PUNTO	NOMBRE
2234-8-GMA	Arroyo de los Molinos
2234-8-GRA	Río Carrizas
2334-5-0058	Fuente de Riofrío
2234-4-GCA	Arroyo de Cotillas
2334-1-GPA	Arroyo de la Puerta
2334-2-SMA	Río Mundo
2334-2-0071	Ayo. Fte. San Agustín
2334-3-SCA	Ayo. de la Celada
2334-7-SBA	Arroyo Bravo
2334-6-SSA	Arroyo de la Sierra
2334-5-SMA	Arroyo de las Marinas
2334-5-STA	Río Tus-Coll. Tornero
2334-5-STC	Río Tus-Aserradero

Red Hidroquímica

Nunca ha existido un control hidroquímico periódico, tan sólo existen datos históricos aislados.

En este estudio se han muestreado un total de 32 puntos (21 manantiales y 11 cauces) con 74 análisis, en un período de tiempo que abarca desde junio de 1996 hasta octubre de 1.997.

Se proponen los siguientes puntos para una red de control futura:

PUNTO	NOMBRE
2234-8-0014	Fuente de la Era del Concejo
2234-8-0053	Nacimiento de San Blas
2334-2-0060	Nacimiento del río Mundo
2334-2-0071	Fuente de San Agustín
2334-3-0015	Fuente de Arroyo Frío
2334-5-0011	Fuente de los Piazuelos
2334-5-0058	Fuente de Riofrío

**Unidad Hidrogeológica 07.37 Anticlinal de Socovos**

Esta Unidad posee en la actualidad un control periódico en las tres redes de control, por lo que a lo largo de este estudio se han tenido en cuenta, añadiendo además, otros puntos a modo de red temporal que sirven de complemento.

Red hidrométrica

La mayoría de las secciones de aforo de esta Unidad, se distribuyen a lo largo de la periferia de la misma, en la salida de sus acuíferos principales. En total se han medido

14 secciones de aforo, 9 permanentes y 5 temporales, con un total de 59 medidas. El período abarca desde abril de 1996 hasta noviembre de 1997. Todas las secciones permanentes son manantiales, mientras que las temporales pertenecen a cauces, de los cuales 4 de ellas son aforos diferenciales. Se propone el acondicionamiento de dos de las secciones permanentes siguientes:

- 243510002 Fuente de la Herrada
- 233540008 Fuente de Vizcable

En la tabla siguiente se representan las secciones de aforo de esta Unidad:

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	SECCIÓN	RED
2335-4-0001	Fuente de el Berral	4	Manantial	Permanente
2335-4-0008	Fuente de Vizcable	5	Manantial	Permanente
2335-7-STA	R.Taibilla-Embal. Taibilla-Toma	4	Aforo diferenc.	Temporal
2335-8-STA	R.Taibilla-Presa Embalse Taibilla	5	Aforo diferenc.	Temporal
2435-1-0002	Fuente de la Herrada	5	Manantial	Permanente
2435-1-0003	Fuente de Ceniches	5	Manantial	Permanente
2434-6-0013	Fuente de Letur	4	Manantial	Permanente
2434-6-0016	Fuente de la Abejuela	4	Manantial	Permanente
2434-7-0017	Fuente de Férez	4	Manantial	Permanente
2435-4-0022	Fuente de Tazona	3	Manantial	Permanente
2535-1-0002	Manantial de las Murtas	4	Manantial	Permanente
2435-7-SMA	Río Moratalla-Toma	6	Cauce+acequia	Temporal
2435-8-SMA	Río Moratalla-Pte. de las Cañadas	3	Aforo diferenc.	Temporal
2535-5-SMA	Río Moratalla-Molino Traviesa	3	Aforo diferenc.	Temporal
<b>TOTAL MEDIDAS</b>		<b>59</b>	-	-

Se propone ampliar en el futuro la red de control actual con tres secciones más y que figuran en el cuadro anterior como temporales: 23357STA, 23358STA y 24357SMA.

Red Piezométrica

Existe una red permanente de control compuesta por 6 sondeos, a los que hay que añadir otros 5 como red temporal de este estudio. Entre abril de 1.996 y noviembre de 1.997, se han contabilizado un total de 33 medidas en los primeros y 24 en los segundos, con un total de 57.

En la tabla siguiente se refleja la relación de sondeos y su número de medidas:

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	RED
2434-5-0002		6	Permanente
2434-6-0002		6	Permanente
2434-6-0004		6	Permanente
2434-6-0022		6	Permanente
2435-4-0002		3	Permanente
2535-6-0004		6	Permanente
2435-5-0037		3	Temporal
2535-5-0018		6	Temporal
2535-5-0014	Sondeo El Roble	5	Temporal
2535-5-0020	Sondeo Las Canales	6	Temporal
2435-3-0018	Sondeo Benizar II	4	Temporal
<b>TOTAL MEDIDAS</b>		<b>57</b>	-

Red hidroquímica

En el período de estudio (de mayo de 1.996 a noviembre de 1.997), se realizaron un total de 45 análisis de un total de 36 puntos (manantiales y sondeos), de los cuales 2 pertenecen a la red de control permanente (5 medidas) y 34 (40 medidas) a la selección realizada para este estudio.

**Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuensanta****Red hidrométrica**

Existen pocos manantiales importantes en esta Unidad debido a la gran extensión y continuidad lateral de la formación permeable principal de dolomías del Cenomaniense-Turonense. Es también notable la relación que se establece entre esta formación (y en menor medida con la de calizas del Paleoceno-Eoceno) y los ríos más importantes de la zona, pues determinan un drenaje y transferencia importantes.

No existen puntos de control permanentes anteriores a la realización de este estudio, por lo que todas las secciones medidas pertenecen a la red temporal del mismo. Se propone el acondicionamiento de las siguientes secciones:

- 223580013 Fuente de la Toba
- 233610001 Fuente de Tobos
- 23355SMA Arroyo Marchena

Se han realizado en un total de 28 secciones de aforo, 122 medidas en el período que abarca desde mayo de 1.996 hasta noviembre de 1.997, expresadas en la tabla siguiente:

NÚMERO	NOMBRE	MEDIDAS	SECCIÓN
2235-8-SSA	Río Segura-Cortijos de la Molata de la Toba	5	Control de aport.
2235-8-0013	Fuente de la Toba	6	Manantial
2236-2-0002	Nacimiento del río Segura	4	Manantial
2236-3-0002	Molino de Loreto	4	Manantial
2236-3-0041	Molino de Loreto II	2	Manantial
2236-3-SAA	Arroyo Azul	3	Cauce
2236-4-0001	El Berral	5	Manantial
2236-4-0011	Arroyo Zumeta	4	Manantial
2236-4-SZA	Río Zumeta-Cortijo de Castellón	5	Aforo diferencial
2236-8-0001	Muso	4	Manantial
2334-8-SDA	Arroyo de la Dehesa	4	Aforo diferencial
2334-8-SSA	Río Segura-Tindavar	1	Aforo diferencial
2334-8-STA	Río Taibilla-Casas del Pino	5	Aforo diferencial
2334-8-STB	Río Taibilla - Juan Quílez	4	Aforo diferencial
2335-2-SSC	Río Segura-Antegil	4	Aforo diferencial
2335-2-SSD	Río Segura-Puente de los Chorreones	4	Aforo diferencial
2335-2-SSE	Río Segura-Parolís	4	Aforo diferencial
2335-3-SSA	Río Segura-Vado de Siseros	5	Aforo diferencial
2335-3-SSC	Río Segura-Puente de la Graya	4	Aforo diferencial
2335-5-SMA	Arroyo Marchena	6	Cauce
2335-5-SSA	Río Segura-Las Juntas	3	Aforo diferencial
2335-7-STA	Río Taibilla-Embalse de Taibilla Toma	4	Aforo diferencial
2335-8-STA	Río Taibilla-Presa Embalse de Taibilla	5	Aforo diferencial
2335-8-STB	Río Taibilla-Cola Embalse de Taibilla	5	Aforo diferencial
2336-1-0001	Fuente de Tobos	6	Manantial
2336-1-SZA	Río Zumeta-Puente de Vites	5	Aforo diferencial
2336-3-STA	Río Taibilla-Nerpio NE	5	Aforo diferencial
2336-3-STB	Río Taibilla-Nerpio NW	6	Cauce
<b>TOTAL MEDIDAS</b>		<b>122</b>	

Se propone la siguiente red hidrométrica:

ACUÍFERO	PUNTO
Pilillas-Palancares	2235-8-0013
	2236-4-0011
	2335-5-SMA
	2336-1-0001
Guillimona	2236-4-0001
	2236-8-0001
Guillimona / Huebras	2236-4-SZA
Palomas	2236-2-0002
	2236-3-0002
	2236-3-0041
Huebras	2336-1-SZA
Loma del Sapillo / Anticlinal de Socovos	2335-7-STA
	2335-8-STA
Pincorto	2336-3-STB

### Red piezométrica

Apenas existen sondeos en esta Unidad, ya que, los recursos aportados por los manantiales son suficientes para cubrir las demandas en la mayoría de los casos.

Tan sólo se han medido dos sondeos: el 233480023 (Sondeo Casas del Pino) con 6 medidas y el 233530052 (Sondeo de Beg) con 4 medidas. El primero no se usa y el segundo se emplea para abastecer a Beg, pedanía perteneciente al municipio de Nerpio.

Se proponen para una futura red de control, los sondeos citados.

Red hidroquímica

Como en el resto de las redes, no existe control hidroquímico permanente en esta Unidad. En este estudio se tomaron muestras de puntos con el fin de obtener datos representativos de hidroquímica.

En la tabla siguiente se expresa el número de puntos muestreados por acuíferos:

ACUÍFERO	PUNTOS	MUESTRAS
Humoso - Juan Quílez	4	4
El Berral	1	1
Góntar	17	18
Loma del Sapillo	6	8
Pilillas-Palancares	18	36
Huebras	2	2
Pincorto	11	14
Palomas	4	9
Guillimona	8	14
<b>TOTAL</b>	<b>71</b>	<b>106</b>

Por otro lado, se propone la red de control siguiente:

ACUÍFERO	PUNTO	ACUÍFERO	PUNTO
Humoso-Juan Quílez	2334-8-0017	Pilillas-Palancares	2235-8-0013
	2334-8-0023		2236-3-0002
	2334-8-0029		2236-4-0011
Gontar	2334-8-0004		2335-5-0049
	2335-3-0014		2336-1-0001
	2335-3-0040	Pincorto	2336-1-0023
	2335-6-0036		2336-2-0012
2335-7-0021	2336-5-0009		
El Berral	2335-3-0052	Palomas	2236-2-0002
Loma del Sapillo	2335-6-0041		2236-6-0001
	2335-7-0059	Guillimona	2236-4-0001
	2336-3-0005		2236-7-0008
Huebras	2336-1-0003		2236-8-0001

### 6.3.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales

La formación permeable principal de los acuíferos de estas unidades es la de dolomías del Cenomaniense-Turoniense de unos 300 m de potencia media, sobre la que se suele superponer en discordancia, una formación de calizas del Senoniense inferior (100-300 m) y/o calizas del Mioceno inferior e incluso materiales detríticos miocénicos.

Las formaciones de baja permeabilidad, se sitúan sobre todo en el Cretácico inferior, entre las que destaca la Formación Utrillas compuesta de arenas y margas. También existen otras formaciones de este tipo en el Terciario y en el Triásico.

Puesto que básicamente, casi todas las formaciones aparecen en las unidades de las Sierras de Segura-Cazorla, se describen en este apartado como tales puesto que no hay apenas diferencias en su constitución, teniendo un comportamiento hidrogeológico

potencial muy similar, aunque queden encuadradas en acuíferos de funcionamiento hidrogeológico diferente. La sucesión estratigráfica presenta diferencias en su comportamiento hidrogeológico en función de diversos factores que se pueden resumir en los siguientes:

- Permeabilidad
- Subceptibilidad a la disolución
- Grado de fracturación
- Disposición espacial

Las distintas formaciones se pueden agrupar, en base a estos factores, por su similitud en el comportamiento hidrogeológico:

#### Formaciones permeables del Cretácico inferior

Se caracterizan por poseer un grado permeabilidad medio-alto a alto a pesar de incluir algunos tramos de baja permeabilidad. Su constitución es mixta calcárea o dolomítica por lo que los fenómenos de disolución y karstificación tendrán distinto desarrollo según los tramos. Poseen un grado de fracturación lógicamente más importante que el resto de las demás formaciones del Cretácico. Por último, la importancia de su disposición espacial viene dada por dos hechos ya que pueden entrar en contacto hidrogeológico con otras formaciones permeables del Jurásico superior o Cretácico superior, bien por su disposición estratigráfica o bien por la tectónica y fracturación que las afecta.

Por otro lado el encajamiento erosivo de los principales ríos ha llegado a alcanzar estas formaciones estableciéndose por tanto, relaciones río-acuífero de suma importancia en el funcionamiento hidráulico de las unidades.

Es importante destacar la existencia de termalismo y variaciones sustanciales en la composición química en algunas de las surgencias asociadas a fallas en contacto con estas formaciones, tal y como ocurre en la Zona de Relieve Invertido en el caso de los acuíferos Herrada y Ardal. También son destacables las variaciones de caudal que se establecen en el río Segura en distintos puntos entre Las Juntas y La Graya o en el río Tus en el entorno del Balneario de mismo nombre.

#### Formaciones no permeables del Cretácico inferior

Caracterizadas por su baja permeabilidad, pueden incluir algún tramo calcáreo permeable. En su constitución entran materiales margosos, margocalizos, arenosos y arcillosos que en conjunto se comportan como un acuitardo donde existe una cierta recarga vertical, aunque restringida, favorecida por la fracturación.

Aunque se pueden considerar estas formaciones como impermeable de base a escala regional, lo cierto es que no se puede descartar la posibilidad de una cierta transferencia hidrogeológica a formaciones permeables infrayacentes.

Así pues, es fácilmente observable que la principal de estas formaciones, las arenas, arcillas y areniscas de la Formación Utrillas se comporte como impermeable de base de los acuíferos de la Zona de Relieve Invertido puesto que la mayoría de los manantiales surgen en su contacto. Sin embargo hay que tener en cuenta que dichos acuíferos son de base casi plana o de sinclinal suave, con escasa capacidad de reserva y por tanto con relativamente cortos tiempos de residencia. Por este motivo el comportamiento de impermeable regional vendría dado no tanto por la baja permeabilidad intrínseca de esta formación, como por el contraste de permeabilidades con respecto a las dolomías del Cenomaniense-Turonense suprayacentes.

El hecho de que algunos acuíferos de Relieve Invertido no tengan surgencias importantes conocidas que justifiquen su balance, no puede tener como explicación una Formación Utrillas totalmente impermeable, como ocurre en el caso del acuífero Tinjarra.

Junto a este acuífero circula el río Segura sobre la citada formación de baja permeabilidad experimentando pérdidas de caudal como ya se ampliará más adelante, debido probablemente a una falla situada entre el Puente de la Graya y un punto situado 2,5 km aguas abajo y que afecta también a la formación dolomítica del acuífero. De forma análoga este acuífero puede transmitir subterráneamente buena parte de sus recursos a través de esa falla aunque sea a través de la formación de baja permeabilidad.

En definitiva, se puede establecer una duda razonable acerca de la escasa permeabilidad de estas formaciones en extensas áreas donde no afloran como es el caso de la Zona de Pliegues y Pliegues-Falla, sobre todo porque allí el tiempo de residencia y la capacidad de reserva deben ser notablemente mayores.

#### Formaciones permeables del Cretácico superior

La formación permeable más importante en extensión y espesor es la de las dolomías del Cenomaniense-Turonense con unos 300 m de espesor, seguida de la formación de calizas del Senoniense inferior, no siempre presente, de unos 100-300 m. En algunas zonas, entre ambas formaciones se intercalan términos de carácter margoso y de baja permeabilidad aunque en otras se superponen directamente.

El grado de permeabilidad va a depender de una manera decisiva de la susceptibilidad a la disolución de las rocas carbonatadas según estén constituidas por  $\text{CaCO}_3$  (formaciones calcáreas) o por  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (formaciones dolomíticas).

En las formaciones calcáreas (sobre todo si afloran en superficie), los procesos de disolución y karstificación están mucho más desarrollados que en las formaciones dolomíticas, por lo que aprovechando zonas de debilidad o fractura previas, se formará una red de conductos en forma de galerías y simas por donde el flujo subterráneo circulará preferentemente.

En las formaciones dolomíticas, con un desarrollo más reducido de estos procesos, la porosidad intergranular y fisural tendrá una componente importante, dando lugar a un flujo subterráneo más lento aumentando por tanto la capacidad de regulación del acuífero.

En la Zona de Relieve Invertido, son las formaciones calcáreas (del Senoniense e incluso del Mioceno) las que normalmente se sitúan en la parte superior de los acuíferos, quedando las formaciones dolomíticas del Cenomaniense-Turoniense en la inferior. Este hecho es muy importante porque favorece la recarga de los mismos a través de las calizas mientras que las dolomías regulan el flujo subterráneo laminando en buena parte el caudal de las surgencias.

Este funcionamiento hidráulico no es suficiente para desarrollar un buen poder de regulación en los acuíferos aislados puesto que al poseer reducida extensión y una disposición subhorizontal (o de suave sinclinal) en sus formaciones, ofrecen poca capacidad de reserva y porque el contraste de permeabilidades que se produce en la base de las calizas con respecto a las dolomías, provoca en ocasiones surgencias exclusivamente ligadas a las primeras.

Un ejemplo de este hecho se tiene en el Nacimiento del Río Mundo (233420060) en el acuífero del Calar del Mundo, donde los procesos kársticos han aprovechado la base de las calizas senonienses para formar la Cueva de los Chorros de más de 20 km de galerías.

Es importante destacar que los acuíferos aislados de culminación calcárea poseen la cima plana puesto que los procesos de disolución prevalecerán sobre los de erosión lineal y de ladera. Este hecho es importante puesto que debido a la alta cota que poseen, hay una proporción importante de precipitaciones en forma de nieve que favorece aún más la infiltración, potenciada todavía más por el mayor poder de disolución del agua fría del deshielo al retener mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que con otra temperatura perdería.

En los acuíferos de culminación dolomítica, es la erosión lineal la que predomina puesto que poseen una mayor proporción de escorrentía superficial, provocando con ello abarrancamientos sin formar cimas planas.

Por último, la formación dolomítica favorece importantes relaciones río-acuífero en los cauces que circulan sobre ella.

#### Formaciones permeables del Terciario

Estas formaciones poseen menos extensión lateral que las anteriores. Son básicamente tres:

- Calizas del Paleoceno-Eoceno
- Calizas y calcarenitas del Mioceno inferior
- Calizas bioclásticas y calcarenitas del Mioceno medio-superior

Se encuentran separadas por términos de baja permeabilidad aunque en bastantes zonas se pueden encontrar unidas, bien estratigráficamente o debido a la tectónica. Poseen espesores variables, así las calizas del Paleoceno-Eoceno pueden tener hasta 200 m, las calizas y calcarenitas del Mioceno inferior hasta 200 m, al igual que las calizas y calcarenitas del Mioceno medio-superior.

Presentan una fracturación importante, aunque no tanto como las formaciones del Cretácico pero más que suficiente para poseer fenómenos de disolución y karstificación bastante desarrollados.

En las relaciones de yacencia, cualquiera de las tres formaciones pueden llegar a situarse sobre la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense por lo que el comportamiento hidrogeológico y funcionamiento hidráulico son similares a los ya enunciados. Este hecho condiciona que los manantiales que surgen directamente de estas formaciones calcáreas terciarias sean poco importantes debido a sus dimensiones reducidas.

De hecho, el acuífero Pincorto, constituido exclusivamente por estas formaciones, posee una descarga bastante más baja de la esperada según el estudio climático por lo que debe servir en buena parte como zona de recarga del acuífero Huebras infrayacente.

Puesto que se sitúan en la parte más elevada de los relieves, no suelen estar atravesadas por ningún curso importante. Sin embargo, se conoce el caso del río Taibilla que entre Nerpio y el embalse de Taibilla, atraviesa la formación calcárea del Paleoceno-Eoceno llegando a registrar hasta un 27% de pérdida de caudal en ese tramo.

#### Formaciones no permeables del Terciario

Se sitúan entre las formaciones permeables anteriores o en cambio lateral de facies con respecto a ellas. Son las siguientes:

- Margas, margocalizas y areniscas del Eoceno-Oligoceno
- Margas, limos y areniscas del Mioceno medio

- Margas blancas del Mioceno superior

Los espesores no superan los 100-150 m, comportándose en general como acuitardos puesto que la fracturación es importante. Normalmente están situadas, como las demás formaciones terciarias, en la culminación de los relieves y no condicionan más que surgencias pequeñas y muy localizadas.

#### Formaciones cuaternarias

Se trata de formaciones de superficies muy reducidas y de pequeño espesor y permeabilidad media en general, producto de la erosión o precipitación recientes. No forman acuíferos por si mismas, sino que suelen estar asociadas a otras formaciones permeables. Caben destacar los depósitos de fondo de valle, glaciares, abanicos aluviales, terrazas, coluviones, así como formaciones de travertinos que indican antiguas surgencias. Por su disposición espacial, funcionan como área de recarga, con permeabilidad por porosidad intergranular, de las formaciones permeables infrayacentes.

#### **6.3.4. Funcionamiento hidrogeológico**

El funcionamiento hidrogeológico de las unidades y acuíferos está condicionado por factores internos y externos a estas entidades.

Los factores internos se pueden resumir en:

- Comportamiento hidrogeológico de cada formación perteneciente al acuífero (permeabilidad, disolubilidad, etc)
- Disposiciones espaciales entre las distintas formaciones
- Tamaño, forma y en general todas aquellas características que condicionen la importancia relativa entre formaciones.

- Estructura del conjunto de formaciones del mismo acuífero

En cuanto a los factores externos, cabe destacar los siguientes:

- Factores climáticos como la temperatura y el régimen, tipo y cantidad de precipitaciones
- Clase de límites entre acuíferos
- Relaciones río-acuífero

La interacción de estos factores conforma un funcionamiento hidrogeológico concreto, de forma que las variaciones en alguno de ellos, comporta igualmente una variación en el funcionamiento general del acuífero. Las sierras de Segura-Cazorla presentan dos zonas de distinto funcionamiento hidrogeológico general, distinguiéndose la Zona de Relieve Invertido y la Zona de Pliegues y Pliegues-Falla.

En la primera, los acuíferos se disponen de forma aislada con forma de sinclinales colgados, donde la incisión de la red de drenaje ha erosionado el impermeable general de base formado por la formación Arenas del Utrillas compuesta por arenas y arcillas. El funcionamiento hidrogeológico es autónomo en cada uno de ellos, caracterizándose por poseer poca capacidad de regulación y reserva, debido a la base plana y la escasa extensión que ocupan por separado.

En la segunda, la incisión fluvial no ha alcanzado el impermeable de base citado por lo que los límites entre acuíferos se establecen a partir de fallas que no siempre desconectan las formaciones permeables comunes, estableciéndose por tanto, numerosos límites abiertos que condicionan un funcionamiento hidrogeológico interdependiente donde las capacidades de regulación y reservas se encuentran más favorecidas.

Estas dos subdivisiones son válidas para acuíferos cuya formación permeable principal sea la de dolomías del Cenomaniense-Turonense junto con otras más recientes. En cambio, para las formaciones permeables del Jurásico subyacente cabría señalar una tercera zona que abarcaría prácticamente todo el área del Prebético interno y de la que se poseen pocos datos debido a sus escasos afloramientos y a la gran profundidad teórica a la que se sitúa que impide su mejor conocimiento. Las distintas campañas de geofísica eléctrica han aportado algunos datos más de su posición en algunos puntos donde era previsible su detección por no encontrarse a mucha profundidad pero que en cualquier caso siguen siendo áreas reducidas.

El funcionamiento hidrogeológico de la tercera zona es poco conocido, pero es previsible que posea una capacidad de regulación y reserva aún mayores.

La primera zona se correspondería con las unidades 07.14 y 07.36, mientras que la segunda lo haría con 07.07 y 07.37.

### **Caracterización de acuíferos y definición geométrica de la Unidad Hidrogeológica**

#### **07.14 Segura-Madera-Tus**

Situada en la Zona de Relieve Invertido en la parte noroccidental del Prebético interno de las sierras de Segura-Cazorla desde el área de Molinicos y el Calar del Mundo en la parte norte de la Hoja de Yeste, hasta el entorno del río Madera en la mitad oriental de la Hoja de Orcera alcanzando todo el recorrido del río Segura en su orilla izquierda desde esta última hoja, pasando por la de Yetas de Abajo y por la de Yeste hasta su salida aguas abajo del embalse de la Fuensanta. Los acuíferos más occidentales, están situados en todo o en parte en la cuenca del Guadalquivir, por lo que administrativamente pertenecen a la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque desde el punto de vista geológico e hidrogeológico se asocian a la unidad aquí descrita por compartir las características comunes que a continuación se describen.

La formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense, de unos 300 m de potencia media, es la formación permeable principal sobre la que normalmente se superponen otros 100-300 m de calizas del Senoniense inferior. También se incluyen dos formaciones permeables del Cretácico inferior: calizas, dolomías y margas del Malm-Aptiense inferior y dolomías, calizas y areniscas del Barremiense-Albiense. Por último, algunos acuíferos presentan en su culminación calizas y areniscas del Mioceno discordantes con respecto al Cretácico superior.

Como ya se ha indicado, las características principales que posee son un plegamiento suave en combinación con una gran incisión de la red de drenaje donde los ríos principales son el Segura y sus afluentes Madera, Tus y Mundo.

Los pliegues poseen dirección N10°E entre Pontones y el Calar de la Sima, sufriendo una brusca inversión a N50°E entre la Sierra del Ardal junto a la población de Yeste, hasta la Falla de Socovos.

Esta zona se ha venido denominando "de relieve invertido" a causa del encajamiento preferente de estos ríos sobre la traza de los anticlinales debido probablemente a la mayor fracturación de las charnelas de los mismos con respecto a los flancos dando lugar a zonas de debilidad más vulnerables a la erosión. La evolución que ha traído consigo la erosión y encajamiento a través de estas charnelas, ha superado en profundidad a la base de la formación permeable principal, esto es, las dolomías del Cenomaniense-Turonense alcanzando incluso a las distintas formaciones del Cretácico inferior.

De este modo, de forma general, los acuíferos se encuentran en las elevaciones topográficas que forman los sinclinales, con la base impermeable de la Formación Utrillas

a mayor cota que los cauces fluviales con lo que condicionan sistemas colgados, drenados por surgencias situadas a media ladera que limita la importancia de las reservas.

Cuando las calizas senonienses o miocenas tienen un importante desarrollo en la cumbre llana de los distintos acuíferos, forman los denominados calares, donde se desarrolla un modelado kárstico con dolinas y lapiazes. En cambio, las dolomías del Cretácico superior que constituyen las laderas, suelen presentar un relieve abrupto con paredes, muchas veces verticales, con escaso desarrollo de morfología kárstica. En algunos acuíferos, son únicamente estas dolomías las constituyentes de sus culminaciones, por lo que apenas se implanta una morfología kárstica, actuando la incisión lineal desarrollándose abarrancamientos. En cuanto a las formaciones permeables de Cretácico inferior, se disponen de forma aislada (formando acuíferos también aislados) o en contacto por fallas con las demás formaciones permeables.

Esta Unidad está compuesta por dos conjuntos de acuíferos cuyas características principales se pueden resumir en las siguientes:

Acuíferos de formación permeable del Cretácico superior:

- El impermeable de base principal lo forma la facies Utrillas de arenas y margas
- Sobre la base impermeable se dispone la formación permeable principal con una potencia media de 300 m de dolomías del Cenomaniense-Turoniense.
- Suelen poseer hacia techo, calizas del Senoniense inferior (de 100 a 300 m).
- En la culminación de muchos acuíferos se suelen situar calizas del Mioceno inferior e incluso en alguno, sedimentos detríticos miocénicos.
- La facies hidroquímica oscila entre el tipo bicarbonatado cálcico y el bicarbonatado magnésico.
- El funcionamiento hidrogeológico es similar en todos ellos: poseen poco volumen de reservas al poseer una base impermeable más o menos plana, así como poca

capacidad de regulación, dando lugar a surgencias con caudales muy irregulares de fuerte dependencia con respecto a los períodos de lluvia con unos tiempos de respuesta relativamente cortos.

- En ocasiones y en contacto por falla, las formaciones permeables descritas pueden entrar en contacto con otras similares del Cretácico inferior, más o menos conectadas a su vez con las existentes en el Jurásico superior, dando lugar a surgencias con cierto termalismo y diferente composición química.

Acuíferos de formación permeable del Cretácico inferior:

- La formación permeable principal es de calizas del Aptiense.
- Están conectados con las formaciones permeables del Jurásico superior no aflorantes.
- Apenas poseen surgencias importantes que justifiquen sus recursos, por lo que probablemente actúen como áreas de recarga de las formaciones anteriormente citadas.
- Funcionamiento hidrogeológico poco o nada conocido.

Los acuíferos en los que se divide esta Unidad son los siguientes:

- Cujón
- Herrada (antiguos Peñas Coloradas, Rala-Herrada y Horadada)
- Ardal
- Tinjarra
- Calar de la Sima
- Espino
- Navalperal
- Moro-Balasma
- Calar de Cobos
- Calar de Peñarrubia

- Calar del Pino
- Cabeza Gorda
- Bucentaina
- Peñalta
- Segura de la Sierra
- Yelmo
- Acuíferos del Cretácico inferior

#### Acuífero Cujón

Situado en la sierra del mismo nombre, al oeste de Molinicos, alcanza los 1.565 m de altitud y posee una extensión de 20,4 km<sup>2</sup>. Su formación permeable principal es la de las dolomías del Cenomaniense Turoniense junto con las calizas del Senoniense inferior que conforman la parte superior. Presenta modelado kárstico por la presencia de pequeñas dolinas en superficie.

#### Geometría

La estructura consiste en un suave sinclinal NE-SO con una ligera inmersión hacia el Noreste. Bajo las formaciones permeables de este acuífero, el impermeable de base lo conforma la facies Utrillas. Los límites del acuífero son los siguientes:

- Por el norte, una serie de fallas E-O limitan este acuífero con la Unidad Hidrogeológica 07.04 Pliegues Jurásicos del Mundo poniéndose en contacto en su parte occidental con materiales arcillosos y yesíferos del Triásico hasta el núcleo de Quejigal. En la parte oriental, estas fallas ponen en contacto dolomías y calizas del Dogger-Malm del acuífero Helechar-Madera perteneciente a la citada Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo (07.04) por lo que constituye un límite abierto.
- Por el este y sur, el límite lo conforma el afloramiento del impermeable de base.

- Por el NO, por una falla NE-SO y afloramientos del impermeable de base.
- Por el SO, una falla NO-SE levanta este acuífero poniendo en contacto el miembro inferior de la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense con el superior de la misma formación pero perteneciente al acuífero del Calar del Mundo. Es, por tanto, un límite abierto.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Las entradas al acuífero se producen por infiltración de la lluvia útil. La surgencia principal visible es la fuente del Lanero (233430037), cuyo caudal osciló en el período del estudio entre los 8,70 l/s (30-5-1.996) y los 16,81 l/s (21-1-1.997). Posee otra salida hacia el este por el arroyo de El Pardo medido en la sección 23344SPA con un caudal máximo de 178,00 l/s (22-1-1.997) y un mínimo de 7,37 l/s (30-5-1.996). Los caudales más representativos fueron los medidos en abril de 1.997 con un total de 35,18 l/s (13,38 de la Fuente del Lanero y 21,80 del arroyo del Pardo), equivalentes a 1,1 hm<sup>3</sup>/a. Este caudal de drenaje es insuficiente según los recursos de este acuífero, por lo que es posible que en parte drene hacia el acuífero Helechar-Madera perteneciente a la U. H. Pliegues Jurásicos del Mundo por el límite abierto situado en la parte nor-oriental ya descrita. Se realizaron dos aforos diferenciales en el río Mundo en el sector nor-occidental el 9-7-1.996 entre el Camping del río Mundo (sección 23343SMB) y el núcleo de Quejigal (23343SMA) donde se obtuvieron 565,82 y 584,77 l/s respectivamente. La pequeña diferencia de caudal no permite establecer un posible drenaje que, de todos modos, también podría atribuirse al acuífero Helechar-Madera situado en la orilla opuesta en contacto con falla inyectada de margas y yesos del Triásico.

En la tabla siguiente se expresan las medidas de caudal de las secciones controladas:

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (L/s)		
	2334-3-0037 Fuente del Lanero	2334-4-SPA Arroyo del Pardal	TOTAL
30-5-1996	8,70	7,37	16,07
25-10-1996	10,73	8,88	19,61
21-22-1-1997	16,81	178,00	194,81
15-4-1997	13,38	21,80	35,18
16-7-1997	11,58	10,03	21,61
29-10-1997	13,28	21,42	34,70

Como se deduce de los datos piezométricos, el sentido de flujo va desde el SO hacia el NE, dirigiéndose hacia la fuente de el Lanero, hacia el arroyo del Pardal y hacia el límite abierto con respecto al acuífero Helechar-Madera

#### Piezometría

Sólo existen dos sondeos en este acuífero; el sondeo del Lanero al N (233430079), de cota 960 m y el sondeo de las Hoyas (233430080) de cota 1.070 m. La piezometría del primero osciló en el periodo de estudio entre 899,08 m s.n.m. (7-11-1.996) y 904,09 m s.n.m. (29-10-1.997), cotas en cualquier caso más bajas que la fuente del Lanero (233430037) a la cual pretendía regular (este sondeo dió resultado nulo) y cuya salida se efectúa a 940 m s.n.m.. En cuanto al sondeo de las Hoyas situado al sur, su piezometría oscila entre 1.050,47 m s.n.m. (7-11-1.996) y 1.053,62 (17-4-1.997), bastante similar al manantial 233440037 (1.050 m s.n.m.) al que regula en parte.

#### Acuífero Herrada

Situado entre la población de Molinicos y el embalse de la Fuensanta, incluye lo que hasta ahora se venía definiendo como tres acuíferos: Peñas Coloradas, Rala-Herrada y Horadada, con una superficie permeable total de 51,7 km<sup>2</sup>.

La formación permeable principal está constituida por las dolomías del Cenomaniense-Turonense a la que hay que añadir el afloramiento de calizas con rudistas

del Aptiense inferior situado en la parte NO. De forma más secundaria, calizas del Mioceno medio-superior en el Cerro de Rala al sur de la cola del embalse de la Fuensanta del río Tus y conglomerados, brechas y limos del Plioceno al norte de Molinicos.

No presenta una superficie plana como la mayoría de los acuíferos de esta Unidad, sino que está surcada por numerosos barrancos debido a la falta de tramos calcáreos que hubieran favorecido fenómenos de disolución y karstificación (excepto en el Cerro de Rala).

Las incisiones de los barrancos más importantes dividen a este acuífero en 4 sectores que coinciden aproximadamente con las antigua subdivisión de acuíferos:

- Sector Peñas Coloradas. Situado en la parte occidental y limitado por el barranco del arroyo Escudero al este y por el río Tus al sur, entre los núcleos de Los Collados y Llano de la Torre. Su cota máxima es el Cerro de la Mina con 1.225 m s.n.m.
- Sector de Rala. Situado en la parte suroccidental y limitado por el río Tus al norte. Sus cotas más altas las poseen el Cerro de Rala (970 m s.n.m.) y en su parte SO (1.075 m s.n.m.).
- Sector de Herrada. Situado en la parte central entre el arroyo Escudero al oeste, El arroyo Morote al este y el río Tus al sur, entre los núcleos de Molinicos al NE y Llano de la Torre al SO. Su punto más alto está situado al NO con 1.075 m s.n.m.
- Sector Horadada. Situado en la parte oriental y limitado por el arroyo Morote por el oeste, entre los núcleos de Molinicos al NO y Peñarrubia al SE. Su punto más alto es el vértice Horadada (1.108 m s.n.m.).

### Geometría

Se trata de un sinclinatorio de orientación NE-SO fracturado sobre todo en la parte oriental (Sector Horadada) y limitado en casi todo su perímetro por los afloramientos del impermeable de base de la formación Arenas del Utrillas por contacto estratigráfico o por falla. Como excepciones hay que citar el afloramiento de margas y calizas del Mioceno superior al NE entre Molinicos y Puerto del Pino y de dolomías del Dogger permeables del acuífero Helechar-Madera (Unidad 07.04 Pliegues Jurásicos del Mundo) en contacto con los conglomerados, brechas y limos del Plioceno conformando un límite abierto de escasa relevancia.

Esta formación impermeable, Arenas del Utrillas, también aflora en el interior del Sector Horadada en algunos retazos a favor de fallas y descubiertos por la erosión en la mitad norte del mismo.

### Funcionamiento hidrogeológico

Las entradas al acuífero se realizan por infiltración de lluvia útil y por el arroyo del Pardal que drena el acuífero Cujón en su parte oriental, aunque se produce la entrada de recursos provenientes de zonas profundas a través del Cretácico inferior, por las surgencias 233430022 y 233430023 situadas en el Sector Peñas Coloradas, ya que poseen un débil termalismo y están relacionadas con una falla profunda que pone en contacto en superficie las dolomías del Cenomaniense-Turoniense con las calizas con rudistas del Aptiense inferior. Es probable que en profundidad afecte también al Jurásico superior (calizas y dolomías del Malm) tal y como se interpreta en un perfil geoelectrico realizado en la zona de Morote-Peñarrubia a unos 5 km al SE donde esta formación se situaría a 100 m de profundidad.

Las secciones de aforo establecidas para este acuífero son las siguientes:

- 23343SEA. Arroyo Escudero o de los Collados
- 23348SMA. Arroyo Morote
- 23344SPA. Arroyo del Pardal
- 23347STB. Río Tus-Los Pajareles
- 23347STC. Río Tus-Llano de la Torre

Las dos primeras controlan las salidas por los arroyos principales de este acuífero; la tercera controla la entrada de recursos al acuífero provenientes del acuífero Cujón a través del arroyo del Pardal, afluente del arroyo Morote y por último, las dos restantes conforman un aforo diferencial en el río Tus a su paso por la formación permeable principal de este acuífero.

En la tabla siguiente se expresan los resultados de las mediciones de estas secciones de aforo:

SECCIONES DE AFORO (Q en l/s)				
FECHA	2334-3-SEA (3) Arroyo Escudero	2334-8-SMA (1) Arroyo Morote	2334-4-SPA (2) Arroyo del Pardal	TOTAL (1)-(2)+(3)
30-5-1996	45,29	21,07	7,37	58,99
21-10-1996	29,69	17,95	8,88	38,76
22-1-1997	304,60	232,56	178,00	359,16
17-4-1997	65,36	60,70	21,80	104,26
16-7-1997	29,17	19,78	10,03	38,92
29-10-1997	68,24	60,93	21,42	107,75

Los sectores de este acuífero funcionan con cierta independencia aunque su drenaje principal esté canalizado por los arroyos principales. En el Sector Peñas Coloradas y en la parte occidental del Sector Herrada, el flujo subterráneo es drenado preferentemente por el arroyo Escudero que circula desde el norte hacia el sur. Los

manantiales de origen profundo ya citados (233430022 y 233430023), situados al norte de este sector, se drenan también a partir de este arroyo. La sección 23343SEA (arroyo Escudero) ofreció unos caudales de entre 29,17 l/s (16-7-1997) y 304,60 l/s (22-1-1.997) con un caudal medio de 55 l/s.

La parte oriental del Sector Herrada y la occidental del Sector Horadada se drenan a partir del arroyo Morote de igual sentido de flujo que el anterior, ejerciéndose el control en la sección 23348SMA a la salida del acuífero. Por otro lado, por esta sección también se canalizan parte de los caudales drenados provenientes del acuífero Cujón y controlados a la entrada del acuífero en la sección 23344SPA arroyo del Pardal, principal tributario del arroyo Morote, según se expone en la tabla. La parte oriental del Sector Horadada no posee surgencias destacables aunque la ubicación del sondeo de abastecimiento de Peñarrubia (233440078) debe inducir un cierto flujo hacia el este.

Al sur del río Tus y cerca de éste, en el Sector de Rala la cota de salida es de 640 m (233470031) por lo que en principio se pensó en una relación río acuífero en esta zona limítrofe con el Sector Herrada. Se realizaron dos aforos diferenciales en el río Tus a la entrada y a la salida en el tramo que atraviesa la formación dolomítica de este acuífero, que es de tan sólo de 1.000 m de longitud. Las secciones fueron la 23347STC (“Río Tus-Llano de la Torre”), aguas arriba y 23347STB (“Río Tus-los Pajareles”), aguas abajo. El resultado fue incierto puesto que en la primera se midieron 547,22 l/s y en la segunda 522,55 l/s lo que indica que el río “perdió” 24,67 l/s, hecho bastante improbable ya que el espesor y volumen de la formación permeable es muy reducido y porque a ambos lados del río dicha formación eleva su cota con respecto a él. Es, por tanto, más fácil suponer que no existe apenas relación.

El drenaje que capta el río Tus debe ser muy pequeño a pesar de que la cota de salida de los manantiales descienden hacia él en ambas orillas. El caudal más

representativo fue el registrado en abril de 1.997 con 104,26 l/s equivalentes a 3,29 hm<sup>3</sup>/a.

### Piezometría

Atendiendo a los 4 sectores de los que consta este acuífero se puede describir lo siguiente:

- Sector Peñas Coloradas

No existe ningún sondeo en este sector, por lo que atendiendo a las cotas de salida de sus surgencias se puede establecer que los manantiales más importantes son el 233430022 y 233430023 separados por escasos metros. La cota de salida de ambos es de 800 m y están situados al NE. Por el sur las cotas oscilan entre los 680 m del 233430013 y los 800 m del 233430016 con caudales escasos.

- Sector de Rala

Al norte del sector junto al río Tus, la cota es de 640 m (233470031) y en el extremo SO las cotas de salida se sitúan en torno a los 880 m (233470044) y los 900 m (233470052).

- Sector de Herrada

Tan sólo posee un sondeo, que sirve de abastecimiento a Molinicos (233440087), en la parte norte y cuya cota de nivel piezométrico ha oscilado entre 878,17 y 883,25 m en el período desde julio de 1.996 hasta octubre de 1.997. Los manantiales próximos emergen a cotas próximas a 870 m como es el caso del 233440047. Hacia el sur, antes de llegar al río Tus, las cotas de salida descienden a 800 m (233440022) y ya, cerca del río, a 640 m (233470030).

- Sector de Horadada

Las cotas de salida de los manantiales son muy variadas debido a la compartimentación de este sector. Así pues, en el NO las cotas son de 880 y 900 m (233440039 y 233440042, respectivamente). Por el SO la cota desciende hasta los 720 m (233440008). Por el sur la cota se eleva a 800 m (233440003 y 233440004). Hacia el centro-oeste, las cotas son de 880 y 800 m (233440025 y 233440024 respectivamente). No se conocen manantiales en la mitad oriental, a pesar de que probablemente no tenga buena comunicación con el resto debido al reticulado de fallas. Tampoco se conoce con precisión el nivel del sondeo 233440078 (de cota 880 m), situado en la parte oriental aunque se supone que debe situarse en torno a 800 m.

### Acuífero Ardal

Situado al norte de la población de Yeste, está conformado por la sierra de mismo nombre cuyo punto culminante es el vértice Ardal de cota 1.440 m. No presenta una superficie plana ni fenómenos kársticos desarrollados visibles.

### Geometría

Su forma es de sinclinal colgado NE-SO coronado en la parte superior por la formación permeable principal de las dolomías del Cenomaniense-Turonense con isleos en torno al vértice Ardal de calizas del Mioceno medio. En la parte oriental se sitúa en contacto por falla la formación de calizas lacustres del Aptiense inferior en continuidad hidrogeológica. Posee una extensión de 9,8 km<sup>2</sup>.

Los límites de este acuífero vienen definidos por el afloramiento del impermeable de base de las facies Utrillas, bien por contacto estratigráfico o mediante fallas.

### Funcionamiento hidrogeológico

Las entradas proceden de la infiltración de la lluvia útil sobre las formaciones mayoritariamente dolomíticas y con bastante probabilidad, a partir de la falla profunda citada a través de las calizas de Aptiense inferior en el este, por el carácter termal y distinta facies hidroquímica citados.

La mayor parte de la esorrentía se canaliza hacia la Fuente de Vallehermoso con 5 l/s de caudal medio, con valores que oscilaron entre 3 y 15 l/s (mayo de 1.996 a noviembre de 1.997), y por los manantiales termales citados (233470060, 233470061 y 233470062) y situados en el NE, con un caudal medio estimado de 15 l/s entre los tres. El caudal total medio es de unos 20 l/s equivalentes a 0,63 hm<sup>3</sup>/año.

Al igual que ocurre en el Sector de Peñas Coloradas del acuífero Herrada, la presencia de un carácter termal y por tanto un origen más profundo, puede indicar que se encuentran próximas en profundidad formaciones permeables del Jurásico superior como es el caso de las calizas y dolomías del Malm.

### Piezometría

Entre los manantiales, destaca la Fuente de Vallehermoso (233470015), con una cota de salida de 900 m, así como el 233470060 (700 m s.n.m.), 233470061 y 233470062, fuentes de la Toba y la Tejera respectivamente ambos a 800 m s.n.m., con un caudal conjunto de unos 15 l/s y con la particularidad de poseer un carácter termal, indicativo de que la falla a partir de la cual surgen tiene un carácter profundo. Dicha falla pone en contacto las calizas lacustres del Aptiense inferior y la facies Utrillas del Albiense.

El resto de los manantiales son de escaso caudal siendo sus cotas de 1.080 m (233470046) cerca de Boche; 820 m s.n.m. (233470009) en el extremo sur y de 1.120 m (233470019) en el extremo SO. Existe un único sondeo, el 233470001, situado a unos 1.000 m al NE de la Fuente de Vallehermoso cuyas cotas de nivel piezométrico oscilaron entre 923 y 925 m, algo superiores a la del manantial citado. Es un sondeo abandonado.

#### Acuífero Tinjarra

Situado al SO de Yeste entre esta población y el río Segura. Posee una forma semicircular de 20,3 km<sup>2</sup> de extensión donde la formación permeable principal es las dolomías del Cenomaniense-Turoniense culminadas en la parte SE por calizas bioclásticas del Mioceno inferior-medio.

Morfológicamente está dividido en dos alineaciones, separadas por el valle del arroyo Tinjarra que vierte hacia el este: la alineación norte o Umbría del Bul cuya cota máxima es de 1.313 m y la alineación sur que comprende la Umbría de Tinjarra y la Muela de Paules cuyo conjunto posee 1.433 m de cota máxima. La primera alineación ocupa el tercio norte del acuífero y la segunda, el resto.

No presenta fenómenos kársticos desarrollados en superficie.

#### Geometría

Se trata de un doble sinclinal con un anticlinal fallado en medio. En el tercio norte o Umbría del Bul se sitúa el primer sinclinal (E-O), culminado por dolomías del Cenomaniense-Turoniense. Sobre el valle del arroyo Tinjarra se sitúa el anticlinal, fallado longitudinalmente (E-O), donde llega a aflorar el impermeable de base (facies Utrillas). Los dos tercios meridionales (Umbría de Tinjarra y Muela de Paules) forman el segundo

sinclinal (NE-SO), donde sobre la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense se sitúan las calizas del Mioceno inferior-medio.

Este acuífero se encuentra fracturado con fallas E-O, NE-SO y en menor medida NO-SE. abundantes principalmente en la parte norte y este del mismo.

Los límites laterales de este acuífero vienen dados por el afloramiento del impermeable de base (facies Utrillas y calizas y margas del Barremiense-Aptiense) bien por contacto estratigráfico o mediante fallas.

#### Funcionamiento hidrogeológico

A pesar de su extensión, no posee surgencias de relevancia. El arroyo Tinjarra drena este acuífero hacia el este, desembocando en el río Segura. Posee caudales muy irregulares, medidos en la sección 23353STA próxima a la desembocadura, encontrándose seco buena parte del año (mayo-noviembre de 1.996) o con muy bajo caudal (0,25 l/s el 23-7-1.997), en cambio el 28-1-1.997 se registraron 71,29 l/s. Es posible que su caudal medio se sitúe en torno a 5 l/s, equivalentes a 0,2 hm<sup>3</sup>/a.

Puesto que las salidas observables son muy bajas, se intentó determinar la posible existencia de una flujo subterráneo hacia el río Segura. Para ello, se realizaron 4 pares de aforos diferenciales en el río Segura entre el puente de la Graya (23353SSC) y un punto situado 2,5 km aguas abajo (23353SSB), con los resultados siguientes:

FECHA	2335-3-SSC Q en l/s	2335-3-SSB Q en l/s	DIFERENCIA Q en l/s
5-11-1996	688,39	727,24	+ 38,85
17-4-1997	968,61	865,18	- 103,43
23-7-1197	664,11	648,49	- 15,62
6-11-1997	1970,93	1862,47	- 108,46

Tan sólo en la primera fecha el río ganó caudal. En las tres restantes, el río tuvo pérdidas, por lo que hay que suponer que existe infiltración hacia formaciones del Cretácico inferior y Jurásico superior a través de una falla NNE-SSO que cruza el río por este sector bajo la formación margoso-arenosa del Utrillas.

Se realizaron nuevos aforos diferenciales, esta vez al sur del acuífero en el entorno al núcleo de Rincón de Lozano entre el paraje Casa del Río (23352SSB) y un punto situado 2 km aguas abajo (23352SSA) donde los resultados fueron los siguientes:

<b>FECHA</b>	<b>2335-2-SSB Q en l/s</b>	<b>2335-2-SSA Q en l/s</b>	<b>DIFERENCIA l/s</b>
17-4-1997	845,96	856,84	+ 10,88
23-7-1997	556,25	533,72	- 22,53

Las diferencias de caudales son pequeñas y por tanto parecen incluidas dentro del error de medida, por lo que se considera que el caudal permanece constante.

En definitiva, como ya se ha indicado, cabe pensar que la mayor parte de los recursos de este acuífero deben migrar en profundidad a través de las fallas de su mitad norte, hacia formaciones del Cretácico inferior y Jurásico superior.

#### Piezometría

No existen sondeos en este acuífero. Las cotas de salida de sus manantiales son 1.100 m (233460004) en la Umbría del Bul, en el entorno de 1.000 m (233520015, 233520020 y 233520022) en la parte occidental de la Umbría de Tinjarra y a unos 740 m (233520026) en Quebrañalejos, al sur de la misma. Ninguna surgencia es importante.

### Acuífero Calar de la Sima

Se trata de un acuífero alargado N-S de unos 12 km de longitud y unos 5 km de anchura con una extensión de 57,7 km<sup>2</sup>. Está situado entre el río Tus al norte en el límite SO del Calar del Mundo y el río Segura al sur a la altura de Las Juntas y Miller. Su formación permeable principal es la de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense culminadas según los sectores, por calizas del Senoniense inferior, por calizas y arenas del Mioceno inferior-medio o por ambas a la vez.

Atravesado por el arroyo de la Espinea en un profundo barranco de dirección E-O, lo divide en dos sectores: uno al norte, que comprende los dos tercios de su extensión, donde se sitúa el Calar de la Sima con su máxima altitud en el cerro de Mentiras (1.898 m s.n.m.); y otro al sur con el tercio restante donde se sitúa la Loma Rasa y la Cuerda de la Lastra con 1646 m s.n.m.

Son frecuentes los fenómenos kársticos superficiales, asociados casi siempre a las calizas del Mioceno inferior-medio, que tienen su máxima expresión en la planicie elevada situada en el Sector de Calar de la Sima al sur del vértice Mentiras. Se trata de un campo de dolinas de 1,5 km<sup>2</sup> de extensión a una cota media de unos 1.710 m en el límite de las provincias de Albacete y Jaén.

### Geometría

Está conformado por un sinclínorio N-S afectado por numerosas fallas y basculado hacia el este y dividido en los sectores citados, que son los siguientes:

- Sector de Calar de la Sima. Ocupa los dos tercios septentrionales donde se distingue un único sinclinal en la parte norte en las proximidades del río Tus conformando el Puntal del Avellano y el Cerro de la Molata del Imperio, culminado por calizas del Senoniense

inferior y calizas y arenas del Mioceno inferior-medio. De éste último, parte un ramal limitado por fallas hacia el NE de dolomías del Cenomaniense-Turoniense, que alcanzan las inmediaciones del Molino de Jaray y el Balneario de Tus al sur del río de mismo nombre. Las fallas son NE-SO y NO-SE. Más al sur, el sinclinal se bifurca en dos: una rama occidental culminada por calizas del Senoniense inferior y calizas y arenas del Mioceno inferior-medio del vértice Mentiras y la superficie karstificada citada anteriormente y una rama oriental de menor altura topográfica culminada por retazos aislados de las mismas formaciones y disectada por los arroyos Madera, Plañelejo y Alcantarilla, todos ellos con drenaje hacia el este. El límite sur viene dado por la profunda incisión del Arroyo de la Espinea. En esta zona, las fallas principales son N-S y en menor medida, E-O.

- Sector de la Loma Rasa y la Cuerda de la Lastra. Limitado al norte por el arroyo de la Espinea, en la Loma Rasa, comienza como un único sinclinal culminado por un retazo de calizas y arenas del Mioceno inferior-medio para continuar hacia el sur, bifurcándose en dos zonas mediante un juego de fallas N-S y NO-SE principalmente, donde la suroccidental conforma la Cuerda de la Lastra como simple sinclinal culminado la misma formación miocénica, y otra suroriental fallada con un doble sinclinal (ligemente invertido el situado más al oeste) separado por un pequeño anticlinal donde aflora un retazo del impermeable de base (formación Utrillas) y cuyas culminaciones (más bajas que en la Cuerda de la Lastra), se componen de la misma formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense encontrándose disectada por los arroyos de los Asperones, Cabeza de la Mora y Cortijo de los Hornos.

Los límites laterales de este acuífero vienen dados por el afloramiento del impermeable de base de la formación Utrillas e infrayacentes del Cretácico inferior en todo su perímetro, bien como contacto estratigráfico o por falla, excepto en el norte, en el río Tus donde no llega a disectar completamente la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense constituyendo, por tanto, un límite abierto.

## Funcionamiento hidrogeológico

Como ya se ha adelantado en el apartado anterior, el flujo subterráneo circula preferentemente desde el oeste hacia el este. No existen manantiales con caudal relevante efectuándose el drenaje del acuífero a través de cursos fluviales por lo que es en ellos donde se han realizado mediciones periódicas de caudal. Las secciones de aforo medidas en este estudio se expresan en la tabla siguiente:

NOMBRE	CAUDALES (l/s) Y FECHAS					
<b>2334-5-SOA Ayo. Collado Tornero</b>	28,44 (30-5-96)	10,67 (23-10-96)	194,98 (22-1-97)	45,63 (24-4-97)	3,00 (16-7-97)	5,00 (29-10-97)
<b>2335-2-SMA Ayo. Madera</b>	141,57 (28-5-96)	24,94 (22-10-96)	507,49 (28-1-97)	70,52 (16-4-97)	12,99 (23-7-97)	119,06 (6-11-97)
<b>2335-1-SAA Ayo. Alcantarilla</b>	156,48 (28-5-96)	61,29 (22-10-96)	843,01 (23-1-97)	25,81 (16-4-97)	20,00 (23-7-97)	59,19 (30-10-97)
<b>2335-1-SEA Ayo. Espinea</b>	213,57 (28-5-96)	33,14 (22-10-96)	588,05 (28-1-97)	67,76 (16-4-97)	24,38 (23-7-97)	204,61 (4-11-97)
<b>2335-1-SCA Ayo. Cabeza Mora</b>	9,13 (28-5-96)	0,00 (24-10-96)	64,71 (27-1-97)	8,26 (16-4-97)	2,00 (21-7-97)	10,00 (4-11-97)
<b>2335-5-SCA Ayo. Cjo Hornos</b>	2,29 (28-5-96)	0,00 (24-10-96)	42,68 (27-1-97)	2,23 (16-4-97)	0,25 (21-7-97)	2,00 (4-11-97)
<b>2335-5-0063 Fte. Cuatro Caños</b>	24,71 (28-5-96)	21,47 (24-10-96)	42,74 (28-1-97)	32,76 (16-4-97)	13,01 (21-7-97)	11,50 (3-11-97)
<b>2334-5-SCA Ayo. Camarica</b>	-	18,66 (22-10-96)	413,46 (23-1-97)	83,04 (24-4-97)	20,44 (17-7-97)	27,92 (30-10-97)
<b>2334-5-STC y 2334-5-STA (*)</b>	~ 75 (11-7-96)	40,15 (22-10-96)	303,46 (22-1-97)	124,78 (24-4-97)	97,06 (16-7-97)	226,80 (29-10-97)
<b>TOTAL</b>	<b>651,19</b>	<b>210,32</b>	<b>3000,58</b>	<b>585,57</b>	<b>193,13</b>	<b>666,08</b>

(\*) Semidiferencia de caudales del aforo diferencial por estar compartido con el acuífero del Calar del Mundo.

En la parte norte del acuífero, su límite está abierto con respecto al acuífero Calar del Mundo. El río Tus atraviesa en ese tramo las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, compartidas por ambos acuíferos, al no haber podido disectarlas completamente en su incisión lineal. Es por ello que el río está drenando (se supone que en igual proporción) a ambos acuíferos en ese tramo. Las medidas de aforo diferencial (octubre de 1.996 a octubre de 1.997) arrojaron unos valores de 80,30 y 606,92 l/s con

una media de 250 l/s (secciones 23345STA y 23345STC). Asumiendo que los dos acuíferos fueron drenados por igual, la cifra de drenaje del acuífero Calar de la Sima sería la mitad, es decir, 40,15 y 303,46 l/s respectivamente con una media de 125 l/s constituyendo el segundo drenaje del acuífero en volumen.

El arroyo de la Espinea no sólo drena el acuífero en la unión de los dos sectores en los que se divide, sino que también recibe aportes de los manantiales de la parte suroccidental del Sector Calar de la Sima con lo que se convierte en la salida más importante en volumen oscilando en el período de medida entre 24,38 y 588,05 l/s con un caudal medio de 136 l/s (sección 23351SEA).

La tercera sección en importancia es la del arroyo Madera (23352SMA) y su afluente el arroyo Plañelejo, que drenan parte del Sector Calar de la Sima por el E con unos caudales de entre 12,99 y 507,49 l/s con una media de 95 l/s.

El total para el conjunto del acuífero, posee un caudal de entre 193,13 y 3.000,58 l/s con un caudal medio de 498 l/s, siendo los datos de la campaña de abril de 1.997 los que más se acercan a este valor con 585,57 l/s equivalentes a 18,48 hm<sup>3</sup>/a.

#### Piezometría

No existen sondeos en este acuífero. Posee en cambio numerosos manantiales que emergen a cotas muy diversas debido a la fracturación. Así, en el Sector de Calar de la Sima, las cotas de salida varían entre 1.110 m (233450008) al NE, en el Cerro de la Molata del Imperio y los 900 m s.n.m. (233450036) cerca del Molino de Jaray en el río Tus, aunque se ha podido comprobar que aguas arriba hay conexión con este acuífero (también con el de Calar del Mundo). Las cotas por las que circula este río en el tramo de conexión oscilan entre 940 m en el Aserradero del río Tus y 840 m en Collado Tornero.

Más al sur, en este mismo sector, las cotas son de 980 m (233510038), 840 m (233510037) en la parte oriental mientras que en la occidental, las cotas son de 1.280 m (233510043) y 1.300 m (233510017). Por último, en el sur de este Sector, el drenaje se efectúa a través del arroyo de la Espinea conjuntamente con el Sector de Loma Rasa y Cuerda de la Lastra entre las cotas de 980 m y 720 m.

En el Sector de Loma Rasa y Cuerda de la Lastra, las cotas de salida son de 900 m (233510009) y 980 m (233550070) en la parte oriental; 1.120 m (233550067) en la parte occidental y de 800 m s.n.m. (233550063) en la parte meridional.

Como se observa en ambos sectores, las cotas de salida de los manantiales son más elevadas en la parte occidental que en la oriental por lo que se deduce un flujo subterráneo generalizado desde el oeste hacia el este. Por otro lado son significativos los drenajes del acuífero realizados por el río Tus al norte conjuntamente con el acuífero Calar del Mundo y por el arroyo de la Espinea entre los dos sectores en los que se divide el acuífero Calar de la Sima. En ambos cursos el sentido de flujo también es desde el oeste hacia el este.

#### Acuífero Espino

Se encuentra situado en la cabecera del río Tus, incluyendo en la parte SO, la divisoria hidrológica con respecto a la cuenca del río Madera, a unos 9 km al este de Segura de la Sierra. Está conformado por una elevación montañosa de cima plana y forma de elipse de eje mayor N-S, con una cota máxima de 1.722 m en el vértice Espino. Tiene una extensión de 4,5 km<sup>2</sup>. La cumbre está constituida por calizas con gran desarrollo de formas kársticas, que han dado lugar a una superficie endorreica de 1 km<sup>2</sup> de extensión.

### Geometría

La estructura consiste en un suave sinclinal de dirección N-S, culminado por calizas senonienses y miocénicas subhorizontales. Bajo estas formaciones se sitúa la formación permeable principal de dolomías del Cenomaniense-Turonense y como base impermeable, las arenas y margas de la formación Arenas del Utrillas, que también sirve de límite lateral por aflorar en todo el perímetro del acuífero.

### Funcionamiento hidrogeológico

La disposición de las formaciones es determinante en el funcionamiento hidrogeológico de este acuífero, como en los del resto de esta Unidad, siempre que presenten unas formaciones, calcárea a techo y dolomítica infrayacente. La formación calcárea favorece la infiltración, ya que los procesos de karstificación poseen mayor desarrollo. La formación dolomítica, es menos susceptible a estos procesos por lo que se producirá mayor escorrentía superficial, fomentando la erosión lineal y con ello, la formación de abarrancamientos y laderas escarpadas, aunque también posee un poder regulador mucho mayor para los volúmenes que recibe por infiltración provenientes de la formación de calizas.

Este esquema de funcionamiento condiciona el régimen de la Fuente del Tejo (223540017), que es la única surgencia importante, de forma que presenta puntas de caudal cortas y no muy pronunciadas con respecto a la curva de descenso de su hidrograma, que indica una laminación de los recursos que aporta.

En los datos recogidos en este estudio se ha registrado un caudal máximo de 129,98 l/s (23-1-1.997) y un mínimo de 19,64 l/s (17-7-1.997), con unos caudales intermedios de 63,20 y 23,55 l/s (24-4 y 30-10-1.997 respectivamente). El caudal medio más representativo de este manantial es de 23,55 l/s equivalente a 0,74 hm<sup>3</sup>/a.

En ITGE-UG (1991), se realizó un control de este manantial, mediante la construcción de una estación de aforo y la instalación de un limnógrafo, así como de tomas periódicas de pH, Eh y de muestras para análisis químico e isotópico. El período de medida continua de caudales abarcó desde abril de 1.990 hasta febrero de 1.991, estimándose un caudal medio de 23 l/s con unos valores extremos de 57,9 l/s el 25 de noviembre y 11,8 l/s el 31 de octubre.

Una de las conclusiones de dicho estudio, basándose en datos de infiltración de lluvia útil y de análisis de forma de los picos del hidrograma, fue que tan sólo entre el 10 y el 20 % del volumen de agua, es drenada en los 15 días siguientes a una precipitación dada, por lo que quedó de manifiesto el importante poder de regulación de este acuífero como consecuencia del escaso desarrollo de conductos kársticos en el mismo, donde la porosidad predominante es por fisuración. El flujo subterráneo se dirige hacia el este, por donde surge la fuente del Tejo, puesto que es la zona donde el impermeable de base aflora a menor cota. Otra de las valoraciones estos autores, fue que se tuvo que emplear una reserva útil del suelo de 75 mm (excesivamente alta para un conjunto kárstico en superficie y de fuertes pendientes en sus laderas), en el momento de calcular el balance de este acuífero, por lo que induce a pensar que la formación de arenas y margas del Utrillas no debe ser tan impermeable como en principio se ha considerado y que parte de los recursos de este acuífero deben infiltrarse hacia formaciones inferiores.

#### Piezometría

La fuente del Tejo (223540017) surge a 1.340 m s.n.m., en la parte este del acuífero. Otros puntos de surgencia de poca importancia son el 223540016 con 1.320 m s.n.m. al NE y el 223540018 con 1.400 m s.n.m. en el SE.

### Acuífero Navalperal

Este acuífero se sitúa a unos 6 km al este de Segura de la Sierra, sirviendo de divisoria entre la cuenca del Segura (río Tus) y la cuenca del Guadalquivir (río Guadalimar), por tanto administrativamente la parte de esta última cuenca se relaciona con la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque por criterios geológicos e hidrogeológicos se incluye en la unidad en curso. Su cota máxima la alcanza en la parte sur, con 1.646 m y posee pequeñas manifestaciones kársticas en superficie.

### Geometría

Está conformado por un suave sinclinal colgado de orientación N-S y culminado por una estrecha banda de calizas del Senoniense inferior, teniendo como formación permeable principal, las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, con impermeable de base en la formación Arenas del Utrillas, también impermeable lateral. La superficie permeable es de 5,5 km<sup>2</sup>.

### Funcionamiento hidrogeológico

Presenta como el acuífero de Espino, una formación de calizas del Senoniense a techo, pero más reducida y estrecha. El resto de los afloramientos permeables están representados por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, pero se disponen en laderas escarpadas que poco favorecen la infiltración. El impermeable de base lo componen las arenas y margas del Utrillas.

La consecuencia de todo ello es que las surgencias son de escaso caudal. Así la fuente del Pardal (223480030), obtuvo un caudal de 4,79 l/s el 11-6-1.997 y 1,60 l/s el 24-9-1.997. Los manantiales 223480012 y 223540005 poseen un caudal aproximado de 4 l/s cada uno. El caudal conjunto se puede estimar en 12-13 l/s equivalente a 0,4 hm<sup>3</sup>/a.

El flujo subterráneo, ya escaso en volumen, se dirige preferentemente hacia el NO y en menor medida, hacia el O y SO.

#### Piezometría

La fuente del Pardal (223480030) surge a 1.163 m s.n.m. por el lado NO del acuífero, siendo la surgencia más importante. A 1 km hacia el este se encuentra el manantial de Acibillo (223480012) con cota 1.190 m. Por el oeste surge la fuente de la Laguna (223540005) de cota 1.230 m y por el SO, el 223540002 de 1.260 m s.n.m. y 223540007 de 1.300 m s.n.m. Las cotas de salida, confirman los sentidos de flujo preferenciales de este acuífero.

#### Acuífero Moro-Balasma

Situado al este del acuífero Espino, se encuentra separado de éste por el río Tus cerca de su nacimiento. Dividido en dos sectores separados por un barranco que vierte hacia el oeste, queda conformado al norte por el cerro de Balasma de 1.619 m s.n.m. y forma de cresta y al sur por la Morilla, un cerro de cima plana con 1.646 m s.n.m. Presenta una superficie de 4,4 km<sup>2</sup>. Presenta manifestaciones kársticas superficiales, más importantes en el cerro de la Morilla.

#### Geometría

Como viene siendo habitual en esta Unidad, este acuífero tiene forma de suave sinclinal, con una orientación N-S y con culminación en calizas del Senoniense inferior que en este caso adquieren mayor extensión en el cerro de la Morilla. La formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense aflora en las laderas de fuerte pendiente de

ambos cerros y en el barranco central. Por último, el impermeable de base y lateral está formado por las arenas y margas de la formación del Utrillas.

#### Funcionamiento hidrogeológico

La formación de calizas del Senoniense inferior adquiere su mayor desarrollo en el cerro de la Morilla (3 km<sup>2</sup>), por lo que la infiltración de lluvia útil se efectúa principalmente por esa zona ya que en el cerro de Balasna, su extensión es más reducida (1,4 km<sup>2</sup>) y sus pendientes son más fuertes. El resultado se traduce en dos surgencias de escaso caudal, una al NO en la base del cerro Balasna y otra al SE en el cerro de la Morilla. El manantial situado al NO (223540012) posee un caudal de unos 2 l/s, mientras que el situado al SE, manantial del Rincón de Santa Ana (223540023), se ha controlado a partir de una sección de aforo situada unos 700 m más al este, en la salida de un barranco (23351SJA). Junto a esta sección de aforo se estableció otra, situada a unos 500 m más al norte en otro barranco, y que controla también parte de los aportes de este cerro más meridional (23351SPA).

Las medidas de caudal de ambas secciones son las siguientes:

FECHA	CAUDALES (l/s)		
	2335-1-SJA PRADO DE JUAN RUIZ I	2335-1-SPA PRADO DE JUAN RUIZ II	TOTAL
23-1-1997	15,23	45,07	60,30
24-4-1997	11,78	3,00	14,78
17-7-1997	0,00	0,00	0,00
30-10-1997	1,00	4,95	5,95

Se observa que los caudales totales fueron muy irregulares, llegando a ser nulos en verano. Conviene tener presente que parte de ese volumen pertenece a escorrentía superficial, bastante favorecida por la pendiente de los barrancos, por lo que la

escorrentía subterránea debe ser más reducida. El caudal más representativo es el medido en abril de 1.997 con 14,78 l/s que sumados a los 2 l/s del 223540012, ofrecen un volumen de 0,5 hm<sup>3</sup>/año. El flujo subterráneo se dirige hacia el NO en el cerro de Balasna, mientras que lo hace al SE en el cerro de la Morilla.

#### Piezometría

Los dos manantiales más representativos de este acuífero, surgen a las siguientes cotas: 1.210 m s.n.m. para el 223540012, en el NO y 1.400 m s.n.m. para el manantial del Rincón de Santa Ana (223540023), en el SE. Esta diferencia de cotas es debida a que el primer manantial surge en el contacto de las dolomías con las arenas y margas del Utrillas, mientras que el segundo aprovecha un contraste de permeabilidades entre los distintos miembros de esta formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense.

#### Acuífero Calar de Cobos

Está situado al norte del embalse de Anchuricas, sirviendo de divisoria hidrográfica entre los ríos Segura y Madera. Su culminación es plana y alargada, de orientación N-S, cuyo punto culminante es el vértice de Cobos de 1.796 m s.n.m. en la parte sur. Posee manifestaciones kársticas de gran desarrollo en superficie. La superficie permeable es de 8,9 km<sup>2</sup>.

#### Geometría

Consiste en un sinclinal colgado N-S de 8 km de longitud, del cual parte otro más pequeño en la parte SO de su tercio meridional, de orientación NE-SO y unos 3 km de largo. Este sinclinal está culminado por las calizas del Senoniense inferior y del Mioceno medio, dispuestas sobre las dolomías del Cenomaniense-Turoniense y como base de este conjunto permeable, las arenas y margas de la formación del Utrillas.

### Funcionamiento hidrogeológico

En la parte superior se disponen las formaciones calcáreas, con amplio desarrollo de fenómenos kársticos en superficie que representa un buen área de recarga. Las laderas son escarpadas y en ellas aflora la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense, con escaso poder de infiltración. En la base y rodeando el perímetro del acuífero, aflora la formación de arenas y margas del Utrillas que funciona como impermeable.

Los manantiales se concentran en los dos tercios meridionales de su parte oriental, por lo que el flujo subterráneo preferente se dirige hacia el SE, debido en buena parte a que la cota media de afloramiento en esa zona es de unos 1.300 m, mientras que en la parte occidental es de 1.400 m.

Este acuífero se controla a partir de 3 secciones de aforo en los barrancos colectores de sus manantiales y que se expresan en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDALES (l/s)			TOTAL
	2335-5-SGA ARROYO DE LAS GORGOLLITAS	2335-5-SHA ARROYO DE LOS HUECOS	2235-8-SCA ARROYO DEL CJO. DE FONTARRÓN	
23-5-1996	52,21	240,84	-	293,05
24-10-1996	8,61	25,57	10,25	44,43
28-1-1997	248,88	605,28	66,91	921,07
16-4-1997	59,37	73,58	17,07	150,02
21-7-1997	18,17	33,20	10,45	61,82
3-11-1997	76,98	89,90	16,98	183,86

Estos caudales son irregulares debido a que incluyen un porcentaje de escorrentía superficial, tanto más importante en épocas de aguas altas (enero de 1.997). Las

aportaciones medias de este acuífero deben de estar próximas a las registradas en abril de 1.997 con 150,02 l/s, equivalentes a 4,73 hm<sup>3</sup>.

#### Piezometría

Los manantiales de este acuífero surgen en su parte SE con unas cotas de salida que oscilan entre los 1.350 m de la fuente del Gorgocín (223580018) y los 1.290 m del 223580017, con una cota intermedia en el manantial del Nogueral (223580022) de 1.300 m s.n.m. No se conocen manantiales en el lado occidental puesto que el impermeable de base aflora a una cota superior del entorno de los 1.400 m.

#### Acuífero Calar de Peñarrubia

Situado a unos 6 km al SE de Segura de la Sierra, se extiende desde el nacimiento del río Madera al norte que circula hacia el SO, circunscribiendo este acuífero por el oeste. Por el este y SE este acuífero queda limitado por un afluente del anterior, el arroyo de Tres Aguas, que confluye por su izquierda. Presenta dos culminaciones alargadas y paralelas, una al norte con cota 1.596 m s.n.m. y otra al sur de 1.607 m s.n.m. Su extensión es de 10,6 km<sup>2</sup>.

#### Geometría

Compuesto por un doble sinclinal invertido NE-SO con dos culminaciones alargadas con un afloramiento de calizas del Senoniense inferior cada una. La formación infrayacente que las engloba es la de dolomías del Cenomaniense-Turonense. Como impermeable de base y lateral de este conjunto, se sitúan las arenas y margas del Utrillas.

#### Funcionamiento hidrogeológico

La formación calcárea del Senoniense inferior presenta escasa karstificación y superficie, no superando los 1,5 km<sup>2</sup> de extensión total entre las dos alineaciones. El resto de los afloramientos permeables (hasta los 11 km<sup>2</sup>), está ocupado por las dolomías del Cenomaniense-Turonense en un relieve con fuertes pendientes formadas por abarrancamientos. Con estas características, la infiltración de lluvia útil no está muy favorecida por lo que la circulación subterránea no es abundante y sí en cambio, la escorrentía superficial.

Para controlar las aportaciones de este acuífero, se realizaron medidas en dos secciones de aforo en el río Madera y en su afluente, el arroyo de Tres Aguas, según se expone en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDALES (l/s)		
	2235-7-SMA R. MADERA-CJO. ROCANALES	2235-8-STA ARROYO DE TRES AGUAS	TOTAL
17-7-1997	-	65,18	-
30-10-1997	63,15	61,21	124,36

El caudal registrado en octubre de 1.997 es de estiaje por lo que puede ser bastante representativo de la escorrentía subterránea. Fue de 124,36 l/s equivalente a 3,92 hm<sup>3</sup>/a. El sentido de flujo debe ser bastante difuso e inconcreto. En general, se puede admitir que va desde el NE hacia el SO.

#### Piezometría

Las surgencias de este acuífero son difusas y poco importantes. Se puede destacar el manantial de la Tobilla (223540024) de cota 1.300 m en la parte este y el manantial 223530061 de cota 1.200 m en la parte oeste.

### Acuífero Calar del Pino

Este acuífero está situado al norte de la confluencia del río Madera en el Segura, y al SO del acuífero Calar de Cobos. Se trata de un relieve topográfico de orientación N-S, pero compuesto por un doble sinclinal NE-SO que conforma dos alineaciones principales culminadas por calizas del Senoniense inferior, una al norte, entre los cerros de Poyo Alto (1.751 m s.n.m.) y de la Misa (1.580 m s.n.m.) y otra al sur, compuesta por las elevaciones del Calar del Pino propiamente dicho, con 1.626 m s.n.m. La superficie permeable es de 9,0 km<sup>2</sup>. La alineación norte, es estrecha y escarpada, mientras que la sur es algo más plana y con presencia de fenómenos kársticos superficiales.

### Geometría

Como ya se ha indicado, este acuífero tiene la forma de un doble sinclinal donde la formación permeable principal, dolomías del Cenomaniense-Turoniense, ocupa las laderas y barrancos en fuertes pendientes, hasta su base donde aflora el impermeable de arenas y margas del Utrillas. La formación del Utrillas sirve también como impermeable lateral debido a que aflora en todo el perímetro del acuífero, excepto en un pequeño punto al sur bajo el Segura, donde este río no ha llegado a disectar completamente la formación dolomítica, que queda por tanto, en continuidad con la formación permeable del acuífero de Pilillas-Palancares de la Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuensanta.

Como es frecuente en esta Unidad, este acuífero tiene su culminación en calizas del Senoniense inferior que, en este caso, aflora en las dos alineaciones descritas en una extensión importante de unos 5 km<sup>2</sup>.

### Funcionamiento hidrogeológico

El esquema de funcionamiento es similar al descrito en otros acuíferos de esta Unidad, con una zona de recarga preferencial en las calizas de techo, que en este caso es importante, y unas dolomías con cierto poder de regulación pero con limitada infiltración debido a la pendiente de afloramiento, con una base impermeable en arenas y margas del Utrillas. Los escasos manantiales se sitúan en la parte oriental, por lo que el sentido de flujo es hacia el este. En la tabla siguiente se exponen los datos de aportaciones de la única sección de aforo que controla este acuífero.

<b>2235-8-SBA      BARRANCO DE BARBÚA</b>	
<b>FECHA</b>	<b>CAUDAL (l/s)</b>
6-11-1996	7,00
28-1-1997	487,56
16-4-1997	47,02
17-7-1997	26,52
3-11-1997	49,57

Estos caudales no presentaron excesivas oscilaciones si se exceptúan los datos de noviembre de 1.996 y enero de 1.997, consecuencia de un largo estiaje y de fuertes lluvias respectivamente. El caudal medio representativo de este acuífero es el registrado en abril de 1.997 con 47,02 l/s equivalentes a 1,5 hm<sup>3</sup>/año.

### Piezometría

Las surgencias más importantes se sitúan en la parte este, con los manantiales 223580012 a 1.100 m s.n.m. y 223580015 de 1.120 m s.n.m. Por el oeste, de menor importancia, se puede citar el 223580009 de 1.200 m s.n.m.

### Acuífero Cabeza Gorda

Este acuífero se encuentra situado al NO de la confluencia del río Madera en el Segura, en una pequeña alineación montañosa de orientación NNE-SSO cuya cota máxima es de 1.547 m s.n.m. No presenta indicios apreciables de karstificación.

#### Geometría

Compuesto por un suave sinclinal NNE-SSE culminado en dolomías del Cenomaniense-Turonense, faltando las calizas del Senoniense inferior debido a la erosión. En la base y de forma lateral, aflora el impermeable de arenas y margas del Utrillas. La extensión total es de 2,1 km<sup>2</sup>. No posee cima plana, pero sí abarrancamientos y laderas escarpadas, debido a la erosión lineal.

#### Funcionamiento Hidrogeológico

Este acuífero posee escasa infiltración debido a las fuertes pendientes, a la ausencia de calizas karstificadas y a su reducida extensión (2,5 km<sup>2</sup>), por lo que los manantiales son de escasa importancia. El flujo subterráneo es en consecuencia, escaso y difuso, aunque se puede establecer que éste circula hacia el este por el barranco de Cabeza Gorda (1,5 l/s el 17-7-1.997 en la sección 22357SCA equivalentes a 0,1 hm<sup>3</sup>/a), aunque y debido a su forma alargada, también lo hace hacia el norte y SO.

#### Piezometría

Los manantiales más importantes son el 223570015 (Cabeza Gorda) a 1.340 m s.n.m. que vierte hacia el este y el 223570014 (Tovilla) a 1.360 m s.n.m. que vierte hacia el SO. De forma secundaria, hay otros dos manantiales, que vierten hacia el norte, el 223570028 y el 223570030, ambos con 1.340 m s.n.m.

### Acuífero Bucentaina

Situado en el cerro de mismo nombre y de cota 1395 m s.n.m., está a 2 km al sur de Siles, íntegramente incluido en la cuenca del Guadalquivir (río Guadalimar) y con una forma aproximadamente triangular de unos 6,5 km<sup>2</sup>. Es perteneciente, por tanto, de forma administrativa a la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque se incluye en la Unidad 07.07 por criterios geológicos e hidrogeológicos.

#### Geometría

Se trata de un acuífero que se aparta un tanto de la estructura habitual de los de esta Unidad, puesto que no posee la forma de sinclinal colgado sino la de una serie monoclinas que buza hacia el norte. La única formación permeable es las dolomías del Cenomaniense-Turoniense que tiene como impermeable de base a las arenas y margas del Utrillas, que esta vez, no representan el único impermeable lateral puesto que mediante fallas, se pone en contacto con arcillas y margas con yeso del Triás en el NO.

Debido también a fallas, este acuífero se pone en contacto con dolomías y calizas del Lías en su parte SO, por lo que representa un límite abierto de no excesiva importancia.

#### Funcionamiento hidrogeológico

La formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense es la única que actúa como área de recarga, contando con pendientes moderadas, excepto en su mitad sur, que son más abruptas. A pesar de que este hecho favorezca la infiltración, al menos en su mitad norte, lo cierto es que los dos manantiales más importantes tienen poco caudal según se expresa en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDALES (l/s)		
	2234-8-0004 LAS SABINAS	2234-8-0041 ARROYO LLANO	TOTAL
25-2-1997	1,55	-	-
11-6-1997	1,07	6,12	7,19
24-9-1997	1,31	2,54	3,85

El flujo subterráneo general se dirige desde el sur hacia el norte. Es posible que parte de los recursos subterráneos surjan directamente en el cauce del arroyo de los Molinos, hacia el NE y/o que se dirijan hacia la formación dolomítica del Lías, hacia el SO, extremos que no han podido confirmarse, pero que podrían ser ciertos puesto que sus cotas son inferiores a las de las surgencias visibles. En cualquier caso el caudal visible registrado en junio de 1.997 fue de 7,19 l/s equivalente a 0,2 hm<sup>3</sup>/a.

#### Piezometría

Las cotas de salida de las surgencias visibles son de 860 m en la fuente de las Sabinas (223480004), 880 m s.n.m. en la fuente de Arroyo Llano (223480041) y 940 m s.n.m. para la fuente de Covachuela (223480008). Se ha indicado que puede existir un flujo subterráneo hacia puntos de menor cota de afloramiento de la base de las dolomías del Cenomaniense-Turonense como es el caso del arroyo de los Molinos de 760-780 m s.n.m., o del contacto con las dolomías del Lías de 800-900 m s.n.m. de cota en superficie.

#### Acuífero Peñalta

Situado inmediatamente al norte de Orcera, ocupa el cerro, del cual toma el nombre cuya cota máxima es 1.412 m s.n.m. Se encuentra incluido totalmente dentro de la cuenca del Guadalquivir (río Guadalimar). Pertenece, por tanto, de forma

administrativa a la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque se incluye en la Unidad 07.07 por criterios geológicos e hidrogeológicos. Su relieve es escarpado en su parte norte, con pendientes algo más suaves hacia el sur. No parece poseer indicios de karstificación superficial y su extensión es de 3,8 km<sup>2</sup>.

### Geometría

La única formación permeable que posee es la de las dolomías del Cenomaniense-Turonense, con base en dos formaciones impermeables; las arenas y margas del Utrillas por contacto estratigráfico y que sólo afloran en la parte norte, y las arcillas y margas con yeso del Triás que afloran en contacto por falla por el oeste y SO. También se pone en contacto con la formación permeable de dolomías del Lías por el SE, bajo un relleno de glaciais, y en un pequeño punto al NO, representando por tanto, límites abiertos. Su estructura es de suave sinclinal colgado de orientación N-S.

### Funcionamiento hidrogeológico

Las dolomías del Cenomaniense-Turonense funcionan como área de recarga, pero dada la poca extensión del acuífero y de la ausencia de calizas a techo (que pudieran haber favorecido mejor la infiltración), los recursos de este acuífero son poco abundantes.

El flujo subterráneo tiene un sentido preferente desde el norte hacia el sur, por donde se sitúan las surgencias visibles de este acuífero, destacando la fuente del Convento (223530004) con unos 5 l/s equivalentes a 0,2 hm<sup>3</sup>/a, sin descartar la existencia de circulación subterránea hacia las dolomías del Lías por el SE.

### Piezometría

La salida visible más importante se realiza a través de la Fuente del Convento (223530004) a 860 m s.n.m. y situada al SO. Otras surgencias de menor importancia surgen en la zona de glacis al SE, como son el 223530002 a 940 m s.n.m. y el 223530014 con 1.000 m s.n.m. Cabe reseñar que por el SE, cerca de las últimas surgencias, afloran las dolomías del Lías a una cota más inferior y que se cifra en unos 900 m s.n.m.

### Acuífero Segura de la Sierra

Se encuentra en el núcleo de Segura de la Sierra y en unas elevaciones situadas al NE del mismo, tiene una extensión muy reducida de 1,9 km<sup>2</sup>, dentro de la cuenca del Guadalquivir (Río Guadalimar). Pertenece, por tanto, de forma administrativa a la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque se incluye en la Unidad 07.07 por criterios geológicos e hidrogeológicos. No posee pendientes excesivamente altas y su cota máxima es de 1.369 m; tampoco posee manifestaciones kársticas superficiales.

### Geometría

Su estructura es la de un pequeño sinclinal colgado de orientación NNE-SSO, culminado por las dolomías del Cenomaniense-Turonense, única formación permeable de este acuífero. En la base y lateralmente, se sitúa la formación impermeable de arenas y margas del Utrillas. Las dolomías del Lías se ponen en contacto con este acuífero, mediante una falla en un pequeño sector al SO del mismo.

### Funcionamiento hidrogeológico

Como en el acuífero anterior, las dolomías del Cenomaniense-Turonense son las únicas que actúan como área de recarga que, junto con la pequeña extensión del acuífero, da como resultado caudales casi inapreciables. El flujo subterráneo es difuso; tan sólo se observan dos pequeños manantiales, uno al N (223530078) de 1,5 l/s y otro al SO (223530057) de menos de 1 l/s, con un volumen total de 0,06 hm<sup>3</sup>/a.

### Piezometría

Los dos manantiales conocidos en este acuífero son el 223530057, situado al SO a cota 1.140 m y el 223530078, situado al norte a cota 1.200 m.

### Acuífero Yelmo

Este acuífero se encuentra situado entre las poblaciones de Segura de la Sierra al norte y Hornos al sur, incluido en su inmensa mayoría dentro de la cuenca del Guadalquivir, excepto una pequeña parte al este que pertenece a la cuenca del Segura (río Madera). Pertenece, por tanto, de forma administrativa a la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque se incluye en la Unidad 07.07 por criterios geológicos e hidrogeológicos. Tiene una extensión de 9,1 km<sup>2</sup>, con forma alargada. Presenta fuertes pendientes y escasas manifestaciones kársticas. Su punto más alto es el vértice Yelmo con 1.808 m s.n.m.

### Geometría

Posee forma de sinclinal colgado de orientación N-S y culminado por calizas del Senoniense inferior, dispuestas sobre la formación permeable principal de dolomías del Cenomaniense-Turonense. La base impermeable está formada por las arenas y margas

de la formación Utrillas, que afloran en casi todo su perímetro excepto en algunos puntos de su parte centrooccidental, que constituye por tanto, un límite abierto.

#### Funcionamiento hidrogeológico

La formación calcárea del Senoniense inferior actúa como área de recarga en la parte superior del acuífero, pero debido al escaso desarrollo de fenómenos kársticos en superficie y las fuertes pendientes, dan como resultado una infiltración no muy alta.

Las dolomías del Cenomaniense-Turonense afloran en las laderas, también con pendientes fuertes, por lo que la infiltración en estas zonas es todavía menor.

Dada su forma alargada, existen distintos sentidos de flujo subterráneo hasta llegar a las surgencias, así el más importante es el que se establece en el tercio septentrional, cuyo sentido es hacia el norte por donde surge a través de dos manantiales, el 223530027 con 12 l/s y el 223530026 con 8 l/s. En el tercio central, el flujo se dirige hacia el sur por donde se sitúa el manantial de los Granados (223570001), con 3 l/s aunque también puede existir un flujo oculto hacia el NO por el contacto de las dolomías del Lías. Por último, en el tercio meridional deben existir dos flujos, uno hacia el N, por el manantial citado y otro hacia el sur, para surgir por la fuente de Capellanía (223570008) con 3 l/s. El caudal conjunto es de 26 l/s equivalentes a 0,8 hm<sup>3</sup>/a.

#### Piezometría

Las cotas de salida de los manantiales del tercio norte son de 1.070 m en el manantial del Tejo (223530026) y de 990 m s.n.m. en la fuente de Zamarrilla (223530027). El manantial de Granados (223570001), situado entre el tercio central y el meridional, tiene una cota de 1.270 m s.n.m. Por último, la fuente de Capellanía (223570008), situada en el extremo sur del acuífero, posee una cota de 1.020 m.

### Acuíferos del Cretácico inferior.

Con esta denominación se agrupan una serie de pequeños afloramientos permeables del Cretácico inferior que se encuentran diseminados por toda la Unidad y que constituyen un acceso hidrogeológico a las formaciones permeables del Jurásico.

Alguno de estos afloramientos se encuentran en contacto mediante fallas con los acuíferos ya descritos, otros se encuentran en relación hidrogeológica con el río Segura y por último, están los que se sitúan de forma aislada sin presentar manantiales de descarga.

Existen surgencias termales de origen profundo relacionadas con estas formaciones y ya consideradas en los acuíferos Herrada y Ardal. Pese a estas evidencias, no se tienen datos del tipo de conexión profunda que se establece con respecto a las formaciones del Jurásico, puesto que no afloran. Tampoco se poseen datos piezométricos o de los sentidos de flujo ni de funcionamiento hidrogeológico o del destino de los recursos que entran por infiltración de lluvia útil o por las relaciones río-acuífero. Se tienen indicios de que el impermeable de base de las arenas y arcillas del Utrillas no se comporta como una estricta barrera hidrogeológica, sino que actúa como si fuera un acuitardo, dejando que se infiltre una pequeña parte de los recursos, que presumiblemente deben circular también hacia las formaciones jurásicas.

Lo que sí es evidente es que las formaciones del Jurásico constituyen un acuífero o acuíferos confinados de los que surgen, de forma aislada, las fuentes termales ya citadas pero que no justifican el volumen total infiltrado a partir de estos afloramientos.

A continuación se detallan los acuíferos así como su extensión y situación:

NOMBRE	SITACIÓN	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
Cerro Lobo	Norte de Moropecte	5,6	Sin surgencias importantes
Tus	Balneario de Tus	7,6	Relación con río Tus
Moraleta	Sierra del Ardal	1,2	Sin surgencias importantes
Virgen	Sierra del Ardal	2,0	Sin surgencias importantes
Arguellite	Arguellite	7,6	Sin surgencias importantes
Parolis	Parolis	3,2	Relación con río Segura
Las Juntas	Las Juntas	9,1	Relación con río Segura
Agua	Sur de Siles	8,2	¿Relación con río Tus?
Tejo	Norte del Calar de Cobos	1,3	Sin surgencias importantes
Huecos	Este del Calar de Cobos	5,1	¿Relación con ayo. Huecos?
Canales	Suroeste de Peñarrubia	1,3	Sin surgencias importantes
Mirandante	NO del Calar del Pino	3,7	Sin surgencias importantes
Barbua	Este del Calar del Pino	2,9	¿Relación con Bco.de Barbua?
TOTAL	-	58,8	-

En los afloramientos con relaciones río-acuífero, se realizaron una serie de aforos diferenciales con el fin de determinar de forma cuantitativa el grado de relación que se establece.

#### Acuífero de Tus

Situado en el río Tus entre el balneario de mismo nombre y una zona al este de Moropecte a lo largo de una banda de 8 km de longitud y 1 de anchura, posee 7,6 km<sup>2</sup> de extensión.

Las medidas de la secciones de aforo se expresan en la tabla siguiente:

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (l/s)			
	2334-6-SEA (1) AYO. LA TEJERA	2334-6-STB (2) TUS-BALNEARIO	2334-6-STA (3) TUS-PTE. YESTE	(3)-(2)-(1)
24-4-1997	59,58	2061,57	2239,53	118,38
16-7-1997	8,00	417,50	396,74	-28,76

En la primera medida, el caudal del río Tus aumenta un 5,6 % con 118,38 l/s, mientras que en la segunda disminuye en un 6,8 % con 28,76 l/s. Estos resultados concuerdan con el hecho de que en primavera el caudal del río reciba aportes subterráneos provenientes de la infiltración de la lluvia útil y que en verano, el río ceda caudal al acuífero, coincidiendo con el estiaje. La media de ambos caudales es de 44,81 equivalentes a 1,4 hm<sup>3</sup>/a de ganancia de caudal por parte del río. La longitud del tramo de medida es de 1,9 km por lo que el caudal unitario osciló en las dos medidas entre – 15,1 y 62,3 l/s/km.

#### Acuífero de Parolís

Situado en el río Segura entre Parolís y Quebrañalejos, se dispone en una banda sinuosa de 3,2 km<sup>2</sup> de extensión. Se han realizado aforos en 6 secciones, 4 en el mismo río y otras 2 en arroyos que desembocan a lo largo de este tramo y cuyos caudales hay que descontar de los aforos diferenciales. En la tabla siguiente se expresan los caudales de la primera parte del tramo:

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (L/s)		
	2335-2-SSE (1) Río Segura - Parolís	2335-2-SSD (2) Río Segura-Pte. Chorreones	(2)-(1)
5-11-1996	429,19	489,74	60,55
16-4-1997	1818,81	2094,05	275,24
23-7-1997	382,26	481,37	99,11
6-11-1997	1115,71	1239,38	123,67

Como se observa, el río gana un caudal de entre 60,55 y 275,24 l/s con una media de 139,64 l/s en un tramo de 2,6 km de longitud, por lo que se obtiene un caudal unitario de 53,71 l/s/km.

En la segunda parte de este tramo se sitúan las secciones 23352SSD y 23352SSC sobre el río Segura y las secciones 23351SAA y 23352SMA sobre los arroyos tributarios de Alcantarilla y Madera respectivamente. En la tabla siguiente se exponen los resultados:

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (l/s)				
	2335-2-SSD (1) Pte. Chorreones	2335-1-SAA (2) Alcantarilla	2335-2-SMA (3) Ayo. Madera	2335-2-SSC (4) R. Seg.-Antegil	(4)-(3)- (2)-(1)
Oct-Nov-1996	489,74	61,29	24,94	543,42	-32,55
16-4-1997	2094,05	25,81	70,52	805,57	-1384,81
23-7-1997	481,37	20,00	12,99	549,39	35,03
6-11-1997	1239,38	59,19	119,06	1691,73	274,10

Hay una gran variación de caudales en este tramo de tan sólo 1,3 km de longitud, destacando la pérdida de 1.384,81 l/s el 16-4-1.997. En la tercera parte del tramo se tuvieron en cuenta las mediciones a partir de las secciones 23352SSC (río Segura-Antegil) y 23353SSC (río Segura-Puente de la Graya), según se expresa en la tabla siguiente:

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (l/s)		
	2335-2-SSC (1) Río Segura - Antegil	2335-3-SSC (2) Río Segura - Pte. de La Graya	(2)-(1)
5-11-1996	543,42	688,39	144,97
16-17-4-1997	805,57	968,61	163,04
23-7-1997	549,39	664,11	114,72
6-11-1997	1691,73	1970,93	279,20

En este sector se detectó una ganancia de caudal de entre 114,72 y 279,20 l/s con una media de 175,48 l/s en una longitud de 7,4 km lo que representa un caudal unitario de 23,71 l/s/km de ganancia.

En resumen, tomando las secciones de aforo más extremas y trayendo los caudales de los afluentes, se obtienen los datos de la tabla siguiente:

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (l/s)				
	2335-2-SSE (1) Parolís	2335-1-SSA (2) Alcantarilla	2335-2-SMA (3) Ayo. Madera	2335-3-SSC (4) Pte. La Graya	(4)-(3)- (2)-(1)
5-11-1996	429,19	61,29	24,94	688,39	172,97
16-17-4-1997	1818,81	25,81	70,52	968,61	-946,53
23-7-1997	382,26	20,00	12,99	664,11	248,86
6-11-1997	1115,71	59,19	119,06	1970,93	676,97

En esta tabla general, se observa también la anomalía detectada en abril de 1.997 por la que parece ser que el río Segura cede 946,53 l/s, quedando como máximo de ganancia, 676,97 l/s el 6-11-1.997. La media de los valores se sitúa en 152,27 l/s, equivalentes a 4,8 hm<sup>3</sup>/a a favor del río Segura que, en una longitud total de 11,3 km obtiene un caudal unitario de 13,48 l/s/km. No está claro cual es el régimen que sigue este río en este tramo en base a estos datos, puesto que la pauta de ganancia o pérdida de caudal no se relaciona con períodos húmedos o secos.

#### Acuífero de las Juntas

Se encuentra situado en la confluencia del río Zumeta en el Segura, continuando su desarrollo hasta 5 km aguas abajo. Posée una extensión de 9,1 km<sup>2</sup>. El río Segura se ha controlado a partir de 5 secciones de aforo, dos en el propio cauce y tres sobre

arroyos que desembocan dentro de este tramo. Los resultados se exponen en la tabla siguiente.

FECHA	SECCIONES Y CAUDALES (l/s)					
	2335-5-SSA (1) Las Juntas	2335-5-SCA(2) Cjo. Hornos	2335-1-SCA(3) Cab. La Mora	2335-1-SEA(4) Ayo. Espinea	2335-2-SSE (5) Parolís	(5)-(4)- (3)-(2)-(1)
16-4-1997	476,77	2,23	8,26	67,76	1818,81	1263,79
23-7-1997	334,48	0,25	2,00	24,38	382,26	21,15
6-11-1997	689,89	2,00	10,00	204,61	1115,71	209,21

Como se observa, el río gana caudal pero de forma muy desigual, puesto que oscila entre 21,15 y 1.263,79 l/s con 498,05 l/s de media, equivalentes a 15,7 hm<sup>3</sup>/a. La longitud del tramo de medida es de 7,6 km por lo que la variación en su caudal unitario oscila entre 2,8 y 166,3 l/s/km, con una media de 65,5 l/s/km.

#### Relación río-acuífero entre las Juntas y Parolís

Dentro de las formaciones del Cretácico inferior en contacto con el río Segura en el tramo que incluye estos afloramientos, es decir, entre la desembocadura del río Zumeta en el Segura (las Juntas) y el puente de la Graya (18,9 km de recorrido), se pueden establecer unas relaciones río-acuífero donde los intercambios de caudal ofrecen una resultante favorable al río Segura, que gana en caudal, aunque según los sectores estudiados entre secciones de aforo diferencial, existen pérdidas o ganancias según se desprende de los datos obtenidos en la siguiente tabla, una vez discriminados los caudales provenientes de los cursos afluentes:

FECHA	CAUDALES Y TRAMOS				
	JUNTAS- PAROLÍS	PAROLÍS- CHORREONES	CHORREONES -ANTEGIL	ANTEGIL- GRAYA	BALANCE DE CAUDAL
Oct-Nov- 1996	-	60,55 l/s	-32,55 l/s	144,97 l/s	> 172,97 l/s
	-	23,3 l/s/km	-25,0 l/s/km	19,6 l/s/km	> 9,2 l/s/km
16-4-1997	1263,79 l/s	275,24 l/s	-1384,81 l/s	163,04 l/s	317,26 l/s
	166,3 l/s/km	105,9 l/s/km	-1065,2 l/s/km	22,0 l/s/km	16,8 l/s/km
23-7-1997	21,15 l/s	99,11 l/s	35,03 l/s	114,72 l/s	270,01 l/s
	2,8 l/s/km	38,1 l/s/km	26,9 l/s/km	15,5 l/s/km	14,3 l/s/km
6-11-1997	209,21 l/s	123,67 l/s	274,10 l/s	279,20 l/s	886,18 l/s
	27,5 l/s/km	47,6 l/s/km	210,8 l/s/km	37,7 l/s/km	46,9 l/s/km

Se observa que en los meses de abril y julio de 1.997, la ganancia en caudal fue muy parecida (317,26 y 270,01 l/s respectivamente) a pesar de que en abril se observó una fuerte pérdida de caudal en el tramo entre el puente de los Chorreones y Antegil (1.384,81l/s), que curiosamente estaba compensada aguas arriba por la ganancia de 1.263,79 l/s en el tramo de Las Juntas-Parolís.

La explicación más probable a esta anomalía, puede venir dada por la existencia de la Central Hidroeléctrica de Miller, junto a la confluencia de los ríos Segura y Zumeta. Esta central funciona con los volúmenes acumulados en los embalses de Anchuricas en el primer río y el de la Novia en el segundo. La central se suele poner en funcionamiento por la mañana, elevando el caudal del río Segura hasta los 15 m<sup>3</sup>/s. La onda de avenida que se produce circula a una velocidad de unos 4 km/h. Posee tres turbinas que, dependiendo de las necesidades energéticas, pueden funcionar a la vez o tan sólo alguna de ellas liberando con ello más o menos caudal. Funciona unas 5 ó 6 horas, por lo que al cabo de ese tiempo y cuando ha pasado la onda de avenida, se puede medir el caudal del río, mientras que los embalses se vuelven a rellenar. Lleva, por tanto un caudal regulado menor que el de régimen natural.

La anomalía detectada en abril de 1.997, pudo haberse debido probablemente a la liberación de un caudal postrero al funcionamiento de la central, que provocó una onda de avenida de algo más de 1 m<sup>3</sup>/s. Es por ello que entre el puente de los Chorreones y Antegil se detectó una pérdida de 1.384,81 l/s por situarse en este tramo el frente de onda, mientras que aguas arriba, entre Las Juntas y Parolís se detectó una ganancia equivalente de 1.263,79 l/s, cuando esta onda ya había pasado.

### **Caracterización de acuíferos y definición geométrica de la Unidad Hidrogeológica 07.36 Calar del Mundo.**

Esta Unidad pertenece a la Zona de Relieve Invertido e incluye un único acuífero que toma el mismo nombre. La necesidad de separar este acuífero del resto de la citada Zona, donde se encuadra la Unidad 07.14 Segura-Madera-Tus, obedece tan sólo a su gran extensión e importancia relativa con respecto a los demás acuíferos.

#### Acuífero Calar del Mundo

Está situado en la parte más noroccidental del Prebético interno de las sierras de Segura-Cazorla entre las poblaciones de Fábricas de Riopar al norte, Yeste al sur, Siles al SO y el arroyo de la Celada, afluente del río Mundo, al NE. Incluye a la Sierra del Calar del Mundo junto con cerros adyacentes como la Loma Pela, Puntal de Moropeche y Los Calarejos. La superficie total es 132 km<sup>2</sup>. La cota más elevada corresponde al vértice geodésico de Argel con 1.694 m s.n.m., aunque la superficie plana de la culminación de este acuífero se encuentra a unos 1.550 n.s.m.m por término medio.

Hidrológicamente pertenece a la cuenca del Segura y en menor extensión a la del Guadalquivir, dando origen al río Mundo por el norte, y arroyos tributarios del río Tus por el sur en la primera cuenca y el río Frío por el oeste, afluente del Guadalimar, en la segunda. Posee amplio desarrollo de fenómenos kársticos en superficie, tales como

simas, dolinas, uvalas e incluso poljes de hasta 4 km de longitud. En el interior, existe un gran desarrollo de conductos kársticos, siendo el conjunto más importante el formado por el de la Cueva de los Chorros que da lugar al Nacimiento del río Mundo (233420060).

### Geometría

La serie más completa que define este acuífero es la de Raspilla (Rodríguez Estrella y Granados, 1975). De muro a techo, sobre la base impermeable de la facies Utrillas, se describen los siguientes tramos:

- Tramo 1. 201 m de dolomías claras detríticas del Cenomaniense inferior-medio.
- Tramo 2. 60 m de dolomías arcillosas y arcillas dolomíticas amarillentas, del Cenomaniense superior.
- Tramo 3. 141 m de dolomías grises oscuras, del Turoniense.
- Tramo 4. 114 m de dolomías arcillosas amarillentas, dolomías grises (a veces con sílex), arcillas dolomíticas amarillentas y dolomías amarillas y rojas, del Senoniense inferior.
- Tramo 5. 123 m de calizas masivas blancas, algo dolomitizadas, con cantos negros, del Senoniense inferior.

Esta serie se completa por la del Pocico (Rodríguez Estrella, 1978), representativa del extremo SO del Calar del Mundo y que sobre el tramo 5 descrito aflora lo siguiente:

- Tramo 6. 60 m de dolomías arcillosas amarillentas del Senoniense inferior.
- Tramo 7. 155 m de areniscas y calcarenitas del Senoniense superior.

Existe una discordancia erosiva entre el Senoniense inferior y el Cretácico superior (Cenomaniense-Turoniense), que se acentúa hacia el oeste. Así en las proximidades del nacimiento del Arroyo Frío (233450058), el Senoniense inferior se sitúa directamente sobre el Cenomaniense inferior-medio mientras que hacia el este en el Arroyo del Molino, el Senoniense inferior lo hace sobre el Turoniense (Rodríguez Estrella y Granados, 1975).

A la vista de las formaciones existentes, se puede indicar que las dolomías del Cenomaniense-Turoniense junto con las calizas micríticas y las areniscas y calcarenitas del Senoniense inferior, funcionan como niveles acuíferos mientras que las formaciones dolomítico-arcillosas poseen unas permeabilidades menores. La interrelación de unas formaciones permeables con otras en combinación con la discordancia citada y la existencia de fallas marcan una cierta complejidad en el funcionamiento hidrogeológico interno de esta Unidad. En cualquier caso, el impermeable de base, como viene siendo general en la Zona de Relieve Invertido, lo constituye la facies Utrillas.

La estructura de este acuífero viene definida por un pliegue sinclínico de 23 km de longitud y unos 5-6 km de anchura con orientación NE-SO con cierre perisinclinal al NE. Existen 3 familias de fallas que se agrupan en las siguientes familias: N 79 O, N 19 O y N 49 E. Las dos primeras conforman un ángulo de 60° cuya bisectriz (N 49 O) coincide con la dirección de esfuerzo máximo (procedente del SE), por tanto corresponde a un sistema de fracturas contemporáneas al plegamiento siendo más frecuente las familias N 19 O que la N 79 O. La tercera familia (N 49 E) corresponde a la del esfuerzo mínimo (casi perpendicular a la dirección de esfuerzo máximo indicado) indicando que son fallas de distensión posteriores a la etapa de compresión, siendo paralelas a la dirección principal de plegamiento (Rodríguez Estrella y Granados, 1975).

Sobre la superficie del Calar del Mundo se observan una gran cantidad de dolinas que dan idea de la intensidad de los procesos kársticos de disolución. Durante el

invierno, esta superficie suele estar cubierta de nieve y puesto que el agua fría retiene mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, la disolución de la superficie calcárea posee un gran desarrollo, de ahí la gran densidad de dolinas que, de forma sistemática se alinean sobre la traza de las fracturas.

Los límites de este acuífero son los siguientes:

- En el norte, por una falla en el río Mundo entre Riópar y el arroyo de la Celada, que pone en contacto el Trías de arcillas y yesos con las formaciones permeables del acuífero.
- Por el oeste, por una compleja banda de fractura y plegamiento de unos 2 ó 3 km de anchura, que sirve de límite entre el Prebético externo y el Prebético interno donde las formaciones permeables se ponen en contacto con el Trías citado aunque también con algún retazo aislado de dolomías del Dogger.
- Por el este, aflora el impermeable de base de la formación Arenas del Utrillas en contacto por falla excepto en el tramo más septentrional, donde a ambos lados de la citada falla, las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de este acuífero y el de la sierra del Cujón, están en contacto en el arroyo de la Celada.
- Por el sur, el contacto viene dado también por el afloramiento del impermeable de base en las áreas del Aserradero del río Tus y del valle del arroyo de la Sierra. En el saliente del Puntal de Moropeche, este acuífero se pone en contacto por falla con materiales del Aptiense inferior de calizas tableadas en la zona del Balneario de Tus aunque con un espesor de contacto un tanto reducido, puesto que la formación de arenas y margas del Utrillas se sitúa muy cerca de la superficie, bajo las dolomías. Por otro lado, entre el aserradero del río Tus y el núcleo de Collado Tornero, el río Tus se encaja en las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, sin llegar a sobrepasarlas por completo en su incisión lineal, existiendo por tanto, continuidad en esta formación con respecto al acuífero de Calar de la Sima situado al sur de dicho río.

### Funcionamiento hidrogeológico

Las diferencias de comportamiento hidrogeológico de las formaciones, vienen dadas por la existencia de términos semipermeables (al menos en la parte oriental), por el distinto grado de susceptibilidad ante los fenómenos de disolución y karstificación y por la tectónica de plegamiento y fracturación que han sufrido. La combinación de estos factores condiciona la existencia de los sectores de circulación preferente.

Las calizas senonienses situadas en la parte superior del acuífero actúan como zona de recarga. Durante el invierno, esta superficie suele estar cubierta de nieve, por lo que la infiltración se favorece por la casi nula escorrentía superficial y por el hecho ya descrito, del mayor poder de disolución del agua fría del deshielo por retener mayor cantidad de CO<sub>2</sub>.

En el interior del Calar, el agua aprovecha la fracturación y los planos de estratificación que ofrecen contraste de permeabilidades, bien por existir tramos margosos o por diferencias de disolubilidad entre calizas y dolomías. Estas diferencias de permeabilidad no impiden que el agua circule también a través de estas interfases imprimiendo un cierto poder regulador del acuífero.

Se pueden distinguir dos sectores de circulación preferente y con funcionamiento distinto: Sector Occidental y Sector Oriental, cuya línea de separación se establece desde el arroyo de la Puerta al norte, hasta el arroyo de las Marinas al sur aproximadamente.

- Sector Occidental. La discordancia del Senoniense, da lugar a que las calizas del Senoniense inferior se sitúen sobre las dolomías del Cenomaniense inferior-medio, por lo que todo el conjunto posee una buena conexión entre formaciones permeables y da lugar a que, por lo tanto, las surgencias se dispongan en la base de la formación

inferior, en contacto con el impermeable de base. Existen dos sentidos de flujo principales: hacia el oeste y NO, por la Fuente de Arroyo Frío (233450058), Nacimiento de San Blas (233480053) y la fuente de Era del Concejo (233480014) y hacia el sur, directamente al cauce del río Tus entre las cotas 900 y 940 m.

- Sector Oriental. En esta zona, la discordancia del Senoniense condiciona que el Senoniense inferior se sitúe sobre el Turoniense, por lo que la conexión entre las distintas formaciones permeables se realiza de una forma un tanto más restringida, a través de las semipermeables y mediante la fracturación, condicionando sentidos de flujo a distinto nivel, aunque no del todo desconectados entre sí. De esta forma se localizan surgencias relacionadas con el Cenomaniense inferior-medio, Turoniense y Senoniense inferior. El flujo relacionado con el Cenomaniense inferior-medio se dirige hacia el norte por el manantial de la Peguera (233420053) y la fuente del Barranco de las Cepas (233420049) y hacia el sur, por el manantial de los Piazueros (233450010 y 11), por las fuentes de Sahuco (233460036 y 37) y por la fuente de los Españoles (233460054), situada esta última, en la base del Puntal de Moropeche. El flujo que surge a través del Turoniense, se dirige hacia el norte por la fuente de San Agustín (233420071), la fuente del Arroyo del Molino (233420055) y la fuente del Arroyo de la Celadilla (233420070), hacia el este por las fuentes de Arroyo Frío de Raspilla (233420015, 16 y 17) y por la fuente de Prado Cerezo (233420006) y hacia el sur, por la fuente del Arroyo del Pollo (233450009) y en el entorno del Puntal de Moropeche, por la fuente de Catarraya (233460046). Por último, el flujo a través de las calizas del Senoniense inferior, surge hacia el norte por el Nacimiento del río Mundo (233420060), la fuente de la Pedorrilla (233410109), la fuente del Espino (233420025) y la fuente de Media Fanega (233420026), mientras que por el SE surge a través de la fuente de Arroyo Bravo (233420018) y la fuente de Margueña (233460017).

En resumen, el flujo en el Sector Occidental se dirige hacia el SO, mientras que en el Oriental lo hace hacia el NE.

En épocas de lluvias o de fusión de nieves, todo el conjunto del acuífero se conecta en su interior a través de fracturas donde, sobre todo en el Sector Oriental, la circulación general debe distribuirse por conductos subterráneos que en épocas de estiaje se encuentran secos.

La existencia de surgencias a partir de redes de conductos kársticos desarrollados, asociados generalmente a las calizas del Senoniense inferior, da como resultado regímenes irregulares en su funcionamiento, de forma que la mayor parte del volumen infiltrado sale a los pocos días de la precipitación, dando lugar a surgencias de tipo "trop plein", donde las puntas de caudal son repentinas y espectaculares, mientras que su estiaje es prolongado, con caudales muy bajos e incluso nulos. En el Nacimiento del río Mundo de la Cueva de los Chorros (233420060), el grueso del caudal generado por fuertes lluvias sale al cabo de unos 10 días después de producirse.

Las surgencias relacionadas con las dos formaciones dolomíticas distinguidas, poseen un caudal más uniforme, puesto que son menos susceptibles a la disolución y que por tanto, no generan un buen desarrollo de conductos subterráneos. También influye en este hecho, la existencia de formaciones semipermeables, en el caso del Sector Oriental. Esta característica les confiere mayor poder de regulación de los manantiales.

Para establecer las salidas de este acuífero y en vista de la gran cantidad de surgencias que posee, se establecieron para este estudio una serie de secciones de aforo sobre los cursos de agua que lo drenan y que se exponen en el cuadro siguiente:

NOMBRE	CAUDALES (l/s) Y FECHAS					
2234-8-GMA Arroyo de los Molinos	140,96 29-5-1996	52,96 23-10-1996	1185,49 20-1-1997	93,92 15-4-1997	71,09 15-7-1997	88,84 28-10-1997
2234-8-GRA Río Carrizas	106,23 29-5-1996	74,35 23-10-1996	1000 20-1-1997	71,89 15-4-1997	47,07 15-4-1997	142,48 28-10-1997
2334-5-0058 Fuente de Riofrio	277,31 29-5-1996	212,62 23-10-1996	1129,46 20-1-1997	237,14 15-4-1997	185,05 15-4-1997	237,45 28-10-1997
2234-4-GCA Arroyo de Cotillas	134,56 29-5-1996	35,99 23-10-1996	500 20-1-1997	102,22 15-4-1997	35,23 15-4-1997	60,81 28-10-1997
2334-1-GPA Arroyo de la Puerta	57,57 29-5-1996	31,79 23-10-1996	315,13 21-1-1997	34,24 15-4-1997	23,73 15-4-1997	21,31 28-10-1997
2334-2-SMA Río Mundo	319,12 29-5-1996	175,94 25-10-1996	2748,46 21-1-1997	254,61 15-4-1997	159,03 15-4-1997	247,04 28-10-1997
2334-2-0071 Ayo. Fte. San Agustín	91,88 29-5-1996	50,04 25-10-1996	481,92 21-1-1997	69,14 15-4-1997	57,83 15-4-1997	62,69 28-10-1997
2334-3-SCA Ayo. de la Celada	61,35 30-5-1996	14,92 25-10-1996	449,35 21-1-1997	41,75 15-4-1997	25,27 15-4-1997	24,70 28-10-1997
2334-7-SBA Arroyo Bravo	265,77 30-5-1996	107,06 23-10-1996	2073,21 22-1-1997	603,03 21-4-1997	66,07 16-7-1997	112,05 29-10-1997
2334-6-SEA Arroyo de la Tejera	-	-	50,00 22-1-1997	59,58 24-4-1997	8,00 16-7-1997	-
2334-6-SSA Arroyo de la Sierra	216,35 30-5-1996	84,58 23-10-1996	1149,09 22-1-1997	1113,79 21-4-1997	54,49 16-7-1997	256,10 29-10-1997
2334-5-SMA Arroyo de las Marinas	-	27,30 23-10-1996	173,12 22-1-1997	36,62 24-4-1997	15,92 16-7-1997	45,41 29-10-1997
2334-5-STA Tus-Coll. Tornero 2334-5-STC Tus-Aserradero (semidif. de caudal)	~75,00 11-7-1997	40,15 23-10-1996	303,45 22-23-1- 1997	124,78 24-4-1997	97,06 16-17-7- 1997	226,80 29-30-10- 1997
<b>TOTAL</b>	1746,10	907,70	11558,68	2842,71	845,84	1525,68

La cifra que más se ha empleado como representativa en el resto de los acuíferos de la Zona de Relieve Invertido es la de abril de 1.997. En el Calar del Mundo esta cifra es de 2842,71 l/s que es excesivamente alta para el aporte medio de este acuífero en el período de estudio. Como causas para justificar este exceso de caudal, se puede citar el deshielo de primavera de la nieve acumulada en invierno y la superposición de formaciones permeables que de alguna forma pueden haber laminado los caudales. La

cifra de octubre de 1.997, es la que se ajusta más al caudal medio con un total de 1.525,68 l/s equivalentes a 48,15 hm<sup>3</sup>/año.

### Piezometría

La heterogeneidad sedimentaria y estructural expuesta, reforzada por el carácter kárstico de este acuífero, da como resultado la existencia de grandes diferencias de cota de las surgencias así como la irregularidad de los caudales. Las formaciones permeables descritas coinciden con los tramos de dolomías del Cenomaniense inferior-medio (tramo 1), dolomías del Turoniense (tramo 3) y calizas del Senoniense inferior (tramo 5), separadas por dos formaciones semipermeables (tramos 2 y 4).

En el Sector Occidental del acuífero, estas formaciones permeables están prácticamente unidas por faltar los tramos semipermeables y por la existencia de fracturas que facilitan la conexión hidrogeológica. Este hecho condiciona que las surgencias sean a favor de las dolomías del tramo 1 como es el caso de la Fuente de Arroyo Frio (233450058) de cota 1.080 m s.n.m., la fuente Nacimiento de San Blas (223480053) de cota 1.000 m o las surgencias directas al cauce del río Tus de entre 900 y 940 m s.n.m.

En el Sector Oriental, las diferencias son más evidentes por estar presentes los tramos semipermeables. Las surgencias se relacionan con los tres tramos permeables descritos:

- Dolomías del Cenomaniense inferior-medio.
  - La Peguera (233420053) a 1.060 m s.n.m.
  - Barranco de las Cepas (233420049) a 920 m s.n.m.
  - Los Piazuelos (233450010 y 11) a 1.125 m s.n.m.
  - Sahuco (233460036 y 37) a 1.060 m s.n.m.

- Los Españoles (233460054) a 860 m s.n.m.
- Arroyo Bravo (233420018) a 1.140 m s.n.m.
- Arroyo Frío de Raspilla (233420015, 16 y 17) a 1.020 m s.n.m.
- Catarraya (233460046) a 1.100 m s.n.m.
  
- Dolomías del Turoniense.
  - San Agustín (233420071) a 1025 m s.n.m.
  - Arroyo del Molino (233420055) a 1150 m s.n.m.
  - Arroyo de la Celadilla (233420070) a 1160 m s.n.m.
  - Prado Cerezo (233420006) a 1210 m s.n.m.
  - Arroyo del Pollo (233450009) a 1360 m s.n.m.
  - Margueña (233460017) a 1.320 m s.n.m.
  
- Calizas del Senoniense inferior.
  - Nacimiento del río Mundo (233420060) a 1.122 m s.n.m.
  - La Pedorrilla (233410109) a 1.140 m s.n.m.
  - El Espino (233420025) a 1.565 m s.n.m.
  - Media Fanega (233420026) a 1.510 m s.n.m.

Dentro de cada tramo también se observan diferencias de cota que son debidas a la fracturación y al plegamiento existentes, cuando se comparan puntos un tanto alejados.

### **Caracterización de acuíferos y definición geométrica de la Unidad Hidrogeológica 07.37 Anticlinal de Socovos**

Esta Unidad abarca desde la parte oriental del valle del río Taibilla hasta la depresión de Moratalla, al oeste de Calasparra y desde la falla de Socovos o de la Línea Eléctrica al norte por las poblaciones de Letur, Férez, Socovos y Tazona hasta el frente de Cabalgamiento Subbético al sur, conformado por los relieves de la Sierra del Zacatín

(1.500 m s.n.m.), Serrata de la Torre (1.428 m s.n.m.), Sierra de los Álamos (1.491 m s.n.m.) y al SE, por la Sierra de la Puerta (677 m s.n.m.). De carácter accidentado, son numerosos los relieves interiores sobre los que existen profundos barrancos como el del río Moratalla o Benámor, que atraviesa la Unidad desde el oeste hasta el este en su parte centromeridional. Incluye poblaciones como Moratalla al SE y su pedanía de el Sabinar al oeste.

Esta Unidad está dividida en 7 acuíferos:

- Férez
- Letur
- Somogil
- Taibilla
- Tazona
- Capilla
- Molata

Situada en la parte oriental de las Sierras de Segura-Carzorla, presenta como formación permeable principal las dolomías del Cenomaniense-Turoniense con una potencia próxima a los 400 m. En la mitad sur afloran calizas del Eoceno con una potencia de unos 200 m que, en la parte occidental descansan directamente sobre las dolomías citadas conformando un único tramo permeable de 600 m de potencia. En la parte oriental, en cambio, entre ambas formaciones carbonatadas se encuentran una formación arcillosa del Eoceno inferior que las separa.

Otra formación permeable importante es la compuesta por rocas carbonatadas del Jurásico superior que afloran en la Sierra de La Muela y que se encuentran próximas a la superficie, bajo distintas formaciones del Cretácico inferior, en la parte centro-septentrional de esta Unidad en el área del Benizar al oeste de la citada sierra.

Como formaciones permeables de menor importancia hidrogeológica hay que mencionar los distintos paquetes carbonatados intercalados de formaciones de baja permeabilidad del mencionado Cretácico inferior, así como calizas del Mioceno inferior aflorantes al sur de la Sierra de la Muela en el entorno del río Benamor.

Las formaciones de baja permeabilidad situadas entre las anteriores, de base a techo son:

- Facies Utrillas
- Conjunto margoso del Eoceno inferior
- Conjunto margoso del Mioceno inferior-medio

Esta Unidad presenta los siguientes límites:

- Al NE, la Falla de Socovos o de la Línea Eléctrica, de desgarre dextral, pone en contacto las formaciones permeables del Cenomaniense-Turonense y Jurásico superior del Prebético interno de esta Unidad con materiales impermeables Cretácicos y Jurásicos del Prebético externo situado al norte de la misma. Es posible que existan materiales yesíferos del Triásico inyectados en dicha falla.
- Al NO la falla de Letur-Don Martín que hunde hacia el NO la depresión de Letur, rellena de importantes espesores de materiales margosos del Mioceno.
- Al oeste, la falla N-S del valle del río Taibilla detectada en superficie al sur y por geofísica eléctrica al norte bajo relleno de Mioceno. Esta falla puede ser un límite cerrado en su zona norte pero en el sur debe presentar un límite abierto puesto que no parece que desconecte las dolomías del Cenomaniense-Turonense a ambos lados de la misma.
- Al sur y SO el límite viene dado por el frente de cabalgamiento Subbético que conformaría un impermeable de techo de carácter tectónico. A nivel de dolomías de

Cenomaniense-Turoniense, es previsible que estas cambien lateralmente a facies neríticas (de baja permeabilidad) hacia poco más al sur de dicho frente, teniendo en cuenta los criterios regionales de carácter tectonosedimentario, así como los datos del perfil geoelectrico interpretados, para este estudio, en la rambla de Almaciles al sur de la Hoja de Nerpio.

- Al SE el límite viene dado por el cabalgamiento de la Sierra de La Puerta de frente Subbético o de unidades intermedias (Prebético meridional) según los diferentes autores.

Esta Unidad tiene una extensión aproximada de 600 km<sup>2</sup>, y una superficie permeable de 337,0 km<sup>2</sup>.

La Unidad del Anticlinal de Socovos sería de forma más precisa un anticlinorio formado por esfuerzos tectónicos, procedentes del SE, y limitado por la falla de desgarre dextral NO-SE de Socovos al NE. Así se ha formado una sucesión de anticlinales y sinclinales principales con ejes paralelos NE-SO y numerosas fallas de igual orientación y que de oeste a este son las siguientes: anticlinal de La Muela y sinclinal de Somogil. En este último, con espesores de Terciario de hasta 100 m, interpretadas por geofísica eléctrica (en el sinclinal de Benamor, estos materiales no superan los 500 m). Las fallas citadas NE-SO son mayoritarias de forma que en el anticlinal de Taibilla se trata de fallas normales que pueden superar los 20 km de longitud, si bien con saltos inferiores a 300 m

Pueden ser fallas nuevas de retrocabalgamiento como la que cruza el río Benamor, de vergencia SE, en la parte centro-oriental del mismo sinclinal de Somogil, o bien fallas inversas de vergencia regional NO como la falla de las Murtas detectada en profundidad en la parte centro-oriental del mismo sinclinal.

En ITGE (1994a) se calcularon unas reservas totales de entre 2.300 y 3.800 hm<sup>3</sup> (excepto la parte correspondiente a las formaciones del Jurásico superior) y de las que se

consideran económicamente explotables (desde la cota 710 hasta la de 200 m s.n.m.) están comprendidas entre 1.200 y 2.000 hm<sup>3</sup>.

Por último, se propone la realización de sondeos de regulación en tres manantiales de esta Unidad, situados junto a la Falla de Socovos (Anejo fichas de regulación de manantiales). Dichos manantiales son:

- 243460013 Fuente de Letur
- 243540022 Fuente de Tazona
- 253510002 Fuente de las Murtas

#### Acuífero Férez

Se encuentra situado al norte del Anticlinal de Socovos, próximo a la población de mismo nombre. De relieve accidentado, se encuentra surcado por barrancos que descienden hacia el N. Los relieves más importantes se encuentran al SO en el Calar de la Peña del Águila (1.180 m s.n.m.) y en la Cuerda de Reolid (1.080 m s.n.m.).

#### Geometría

Situado al norte de la Unidad, su formación permeable es la de dolomías del Cenomaniense-Turonense (25,5 km<sup>2</sup>). Está limitado por la falla de Socovos al NE y por el impermeable de base de afloramientos o subafloramientos de la facies Utrillas al NO y sur. Por el SO, la formación dolomítica es continua con el resto de la Unidad (acuífero Taibilla). Se trata de un pequeño sinclinal NE-SO con eje de inmersión hacia el NE.

### Funcionamiento hidrogeológico

La recarga se produce por infiltración de lluvia útil exclusivamente. El flujo subterráneo se dirige hacia el NE surgiendo en la fuente de Férez (243470017), a cota 720 m cuyos caudales oscilaron entre 28,50 l/s (25-4-1.996) y 11,22 l/s (29-10-1.997) con un caudal medio de 18,28 l/s equivalente a 0,6 hm<sup>3</sup>/a. (ver tabla siguiente).

<b>FUENTE DE FÉREZ (2434-7-0017)</b>	
<b>FECHA</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>
25-4-1996	28,50
1-11-1996	14,10
31-1-1997	19,30
29-10-1997	11,22

Por el SO, el límite es abierto por la continuidad de la formación dolomítica, pero se considera un umbral hidrogeológico que delimita a este acuífero en ese punto.

### Piezometría

La fuente de Férez (243470017) surge a cota 720 m, mientras que el sondeo 243460022 situado a 1 km hacia el SO, posee unos niveles que apenas oscilaron, entre 758 y 759 m s.n.m. en 1.997. Existe otro sondeo, el 243460022, situado a 1 km al SO del anterior, que tampoco presentó variaciones significativas, situándose su nivel piezométrico en torno a los 758 m s.n.m.

### Acuífero Letur

Se encuentra situado al NO de esta Unidad, junto a la población que le da nombre. Allí nace el arroyo de Letur, afluente del Segura y el arroyo de la Dehesa, afluente del Taibilla. Por el oeste está limitado por el valle del río Taibilla. Al oeste se sitúan la Sierra del Tobar (1.174 m s.n.m.) y el Cerro Origón (1.220 m s.n.m.). Tiene 85,1 km<sup>2</sup> de superficie permeable.0

### Geometría

La formación permeable principal está compuesta por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense. De forma secundaria, se sitúan calizas del Mioceno inferior-medio en la zona centro-sur, así como conglomerados y brechas pliocuaternarios en el norte, junto con travertinos del Cuaternario. Situado en el extremo NO del Anticlinal de Socovos, está limitado al NE por la falla de Socovos, al NO por la falla Letur-Don Martín y al ESE por la facies Utrillas. Por el sur el límite queda abierto por la continuidad de la formación dolomítica hacia el acuífero Taibilla. Sin embargo, este límite viene dado por un anticlinal que representa un umbral hidrogeológico por estar situado probablemente en la zona no saturada. Es el flanco norte del Anticlinal de Socovos, con forma de sinclinal ENE-OSO, con inmersión hacia el ENE.

### Funcionamiento hidrogeológico

Las entradas se producen por infiltración de lluvia útil. Su flujo se dirige hacia el norte, NE y SO, surgiendo a través de 4 manantiales, que se representan junto con sus caudales, en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDALES (l/s)				
	FUENTE DE VIZCABLE 2335-4-0008	FUENTE DE LETUR 2434-6-0013	FUENTE DE LA HERRADA 2435-1-0002	FUENTE DE CENICHES 2435-1-0003	TOTAL
25-4-1996	135,80	73,60	118,60	5,30	333,30
1-11-1996	80,58	55,00	99,70	4,70	239,98
31-1-1997	102,10	68,70	117,20	6,00	294,00
29-10-1997	105,40	96,19	110,02	5,80	317,41
5-11-1997	107,69	-	108,99	5,59	~ 320

El caudal medio de este período fue de 301 l/s, equivalente a 9,5 hm<sup>3</sup>/a.

#### Piezometría

Las salidas por manantial presentan cotas muy parecidas. Así las fuentes de Letur (243460013) surgen a 780 m s.n.m., la fuente de Ceniches (243510003) lo hace a 800 m s.n.m. y la de Herrada (243510002), también a 780 m s.n.m. Por último, la Fuente de Vizcable surge al SO a una cota algo superior: 840 m s.n.m. Existe un sondeo, el 243450002, situado a unos 1.500 m al SO de las fuentes de Letur, que pertenece a la red de control periódica y que apenas tuvo variaciones en el período de estudio. Sus niveles oscilaron algunos centímetros en torno a la cota 770 m s.n.m.

#### Acuífero Somogil

Ocupa el tercio oriental de esta Unidad desde la sierra de la Muela y el Campo de San Juan, incluyendo buena parte del curso del río Moratalla o Benámor. Hacia el oeste, este acuífero presenta fuertes pendientes y abarrancamientos por donde circula el río Moratalla y sus afluentes, flanqueado por las sierras de La Muela (1.414 m s.n.m.), Cerezo (1.169 m s.n.m.) y Álamos (1.491 m s.n.m.). Por el este, a partir de la población de Moratalla, el relieve es más llano y representado por la denominada Depresión de

Moratalla por donde discurre el citado río de mismo nombre y limitada en su extremo SE por la sierra de la Puerta (745 m s.n.m.).

### Geometría

La formación permeable principal es las dolomías del Cenomaniense-Turoniense (40,3 km<sup>2</sup>), sobre la que se superpone unas formaciones de baja permeabilidad pertenecientes al Paleógeno (Paleoceno, Eoceno y Oligoceno), compuestas básicamente de margas y calizas. De forma puntual, afloran formaciones calcáreas permeables del Paleoceno-Eoceno en la parte norte y en el SE, en la sierra de la Puerta; del Mioceno inferior en la sierra del Cerezo y Campo de San Juan y del Mioceno medio-superior en la Depresión de Moratalla. De forma intercalada se sitúan otras formaciones, de baja permeabilidad, del Mioceno y compuestas básicamente por margas y margocalizas. El impermeable de base lo constituye la formación de arenas y margas del Utrillas.

Presenta una estructura de anticlinorio con pliegues NE-SO con vergencia general hacia el NO, aunque existe un pliegue-falla retrocabalgante en el río Benámor o Moratalla, que es un anticlinal ligeramente invertido con una vergencia opuesta (hacia el SE).

La depresión de Moratalla contiene un potente relleno de materiales de baja permeabilidad del Mioceno superior y a una profundidad de entre 50 y 250 m, calizas y calcarenitas del Mioceno inferior. Según una campaña de geofísica eléctrica realizada por el ITGE en 1985, se interpretó que las calizas del Eoceno medio deben situarse a no menos de 400 m de profundidad y que las dolomías del Cenomaniense-Turoniense estarían a más de 600 m. También se interpretó la existencia de la falla inversa de Las Murtas de dirección NNE-SSO y de vergencia O.

Este acuífero está limitado al NO por afloramientos de la facies Utrillas de flanco sur del anticlinal de la Sierra de la Muela así como el umbral hidrogeológico que representa este pliegue en su prolongación hacia el SSO, en el Campo de Béjar, donde bajo las formaciones de baja permeabilidad del Paleógeno, debe existir continuidad de la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense entre este acuífero y el de Taibilla, pero que al estar representado por un anticlinal, es muy probable que represente una zona no saturada. Por el sur, este y SE, el límite viene dado por el frente de cabalgamiento subbético donde la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense debe pasar lateralmente y en profundidad, a facies neríticas de baja permeabilidad. Por el NE, la Falla de Socovos limita este acuífero con formaciones de baja permeabilidad del Prebético externo

Al NE de este acuífero se encuentra la Sierra del Cerezo que no es más que un isleo tectónico del frente de cabalgamiento subbético compuesto por dolomías liásicas que descansan en una superficie de deslizamiento formada por margas del Cretácico inferior subbético y margas y yesos triásicos.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Este acuífero recibe sus recursos por infiltración de la lluvia útil sobre sus afloramientos permeables. El río Moratalla posee cierta relación hidrogeológica con las calizas y calcarenitas del Mioceno inferior, pero se desconoce en gran medida el funcionamiento de la formación dolomítica del Cenomaniense Turoniense porque tan sólo aflora en el extremo occidental. Las salidas se controlan a partir de las secciones de aforo expresadas en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDALES (l/s)					
	2435-7-SMA Río Moratalla - Toma	2435-8-SMA (1) Río Moratalla - Puente Cañadas	2535-5-SMA (2) Río Moratalla - Molino Traviesa	(2)-(1)	2535-1-0002 Fuente de Las Murtas	TOTAL
27-5-1996	144,27	-	-	-	5,30 (25-4-1996)	-
21-10-1996	52,76	-	-	-	5,10 (1-11-1996)	-
31-1-1997	220,22	-	-	-	21,70	-
14-4-1997	239,51	85,40	102,62	17,22	-	-
14-7-1997	228,43	28,56	38,33	9,77	-	-
27-10-1997	252,38	191,86	271,90	80,04	15,09 (29-10-1997)	347,51
<b>Q MEDIO</b>	<b>189,60</b>	<b>101,94</b>	<b>137,62</b>	<b>35,68</b>	<b>11,80</b>	<b>237,08</b>

Las secciones de aforo 24358SMA y 25355SMA, controlan el aporte recibido por unas calizas y areniscas del Mioceno inferior y que, como se observa de los resultados de los 3 pares de aforos diferenciales efectuados, se obtienen 3 datos de ganancia de caudal por parte del río y que son: 17,22 l/s, 9,77 l/s y 80,04 l/s.

La salida más importante se produce a través de la sección 24357SMA, río Moratalla-Toma, que aparte de los aportes de este río, recibe el caudal del sondeo surgente 243570001, que capta las dolomías del Cenomaniense-Turoniense en zona de acuífero confinado bajo las formaciones de baja permeabilidad del Paleógeno. Otra salida de este acuífero se realiza a partir del manantial de Somogil (243570004), que sale a partir de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de la parte occidental y que vierte al arroyo de Hondares, afluente del río Moratalla. Por último, la fuente de las Murtas (253510002) surge por el NE a partir de la Falla de Socovos.

El caudal medio con los datos del período de estudio, fue de 237,08 l/s equivalentes a 7,5 hm<sup>3</sup>/a. El flujo subterráneo general se dirige desde el oeste hacia el este, en el mismo sentido que la red de drenaje.

#### Piezometría

Puesto que la formación permeable principal (dolomías del Cenomaniense-Turonense) sólo aflora en el extremo oeste, sólo se puede contar con el manantial de Somogil (243570004) para conocer su piezometría (740 m s.n.m.). La fuente de las Murtas (253510002), que surge a partir de la Falla de Socovos en materiales del Pliocuaternario a 480 m s.n.m., debe estar relacionada también con esta formación. Las calizas y areniscas del Mioceno inferior controladas por las secciones de aforo 24358SMA y 25355SMA se sitúan a unos 460-470 m s.n.m.

La red de control piezométrico preexistente a este estudio incluye dos sondeos: el 243540002 y el 253560004. El primero, situado al NO del acuífero y relacionado con la formación dolomítica, tiene un nivel estable en torno a las cotas 671-672 m s.n.m. El segundo se encuentra al NE, en la Falla de Socovos y probablemente también relacionado con esta formación, con unas cotas que oscilan entre 268 y 294 m.

En este proyecto se han controlado otros 3 sondeos más: el 253550014 (sondeo de el Roble), el 253550020 (sondeo de las Canales) y el 253550018. El primero posee unas cotas de entre 402 y 435 m, relacionado con las calizas del Paleoceno-Eoceno, el segundo se mantiene estable en torno a 479 m s.n.m., y el tercero lo hace hacia los 495 m s.n.m. Los dos últimos deben corresponder a niveles colgados, poco importantes, no relacionables con las formaciones descritas, contrastado con el hecho de que no son productivos debido a su escaso caudal y que apenas oscilaron sus niveles en el período de estudio.

### Acuífero Taibilla

Situado en la parte occidental de la Unidad del Anticlinal de Socovos, se le superponen los acuíferos de Capilla y Molata por el sur. En el resto de su extensión presenta frecuentes abarrancamientos rodeados por relieves montañosos, como es el caso del río Moratalla en su curso alto que discurre próximo a la Serrata de la Torre (1.428 m s.n.m.) o al Puntal del Carreño (1.588 m s.n.m.), o el río Taibilla que circula por el límite oeste y al cual desembocan numerosos barrancos por su margen derecha, como la rambla del Almez, la rambla del Salobral o la rambla del Monte, situada esta última junto a la sierra del Zacatín (1.500 m s.n.m.).

### Geometría

La formación permeable principal es la de dolomías del Cenomaniense-Turoniense (105,5 km<sup>2</sup>), seguida de las calizas del Eoceno y en menor proporción, calizas del Mioceno inferior. Tiene forma de anticlinal en su parte SE y anticlinal en la NO. El impermeable de base está compuesto por las arenas y margas del Utrillas que afloran en el NE, en área de Otos y Benizar y en el flanco NO del anticlinal de la sierra de la Muela. Por el oeste, afloran en un pequeño punto del valle del río Taibilla, junto al embalse de la toma del Canal de Taibilla.

Aparte de los afloramientos del impermeable de base descritos y la prolongación del anticlinal de la sierra de la Muela, enunciado en el acuífero Somogil, este acuífero limita por el norte con respecto al de Letur, con otro anticlinal situado en la Rambla de Lorca que aunque presenta continuidad en la formación dolomítica, debe suponer al igual que en el de la sierra de la Muela, un umbral hidrogeológico por situarse en una zona no saturada. Por el oeste, el límite viene dado por la falla del valle del río Taibilla que desconecta las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de este acuífero con respecto a los de El Berral y Loma del Sapillo, excepto en el SE donde el límite queda abierto a

partir de las surgencias directas al cauce de este río entre el embalse de la Toma del Canal de Taibilla y el embalse de Taibilla. Por el sur, estas dolomías deben pasar lateralmente a facies neríticas de baja permeabilidad, bajo el frente de Cabalgamiento Subbético.

Por último y con respecto a los acuíferos superpuestos de Capilla y Molata, el impermeable de techo lo componen calizas y margas del Eoceno-Oligoceno.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Los recursos hídricos de este acuífero provienen de la infiltración de la lluvia útil, sobre los afloramientos permeables del acuífero, así como de parte de los recursos provenientes de los acuíferos suprayacentes. El flujo subterráneo principal debe dirigirse desde el ENE hacia el OSO para surgir directamente al cauce del río Taibilla. Las secciones de aforo diferencial que controlan estas salidas se exponen en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDAL (l/s)		
	2335-8-STA Río Taibilla – Embalse del Taibilla (1)	2335-7-STA Río Taibilla – Toma Canal Taibilla (2)	(2)-(1)
4-11-1996	219,81	-	-
29-1-1997	284,17	1140,00	855,83
23-4-1997	285,31	1150,00	864,69
22-7-1997	527,75	1410	882,25
5-11-1997	800,30	1900,00	1099,70

Puesto que estas salidas están compartidas con el acuífero de la Loma del Sapillo, se asume que los caudales provenientes de cada acuífero son la mitad de los obtenidos en

los aforos diferenciales. El caudal medio del período de estudio fue de 925,62 l/s y su mitad, 462,81 l/s equivalentes a 14,6 hm<sup>3</sup>/a.

Existe otro sentido de flujo de menor entidad, hacia el NE con unas cotas de salida superiores a las del cauce del río Taibilla.

#### Piezometría

Las salidas a través del río Taibilla se realizan aproximadamente entre las cotas 880 y 860 m s.n.m., en la parte SO. Otras surgencias de menor importancia se sitúan en el NE en el área de Otos, Mazuza y el Cortijo de Pliego, en contacto con el impermeable de base de arenas y margas del Utrillas y que son: 243520023 a 980 m s.n.m., 243520021 a 1.000 m s.n.m. y 243520020 1.040 m s.n.m.

#### Acuífero Tazona

Situado al norte del Anticlinal de Socovos entre las poblaciones de Socovos y Tazona, hasta la Sierra de la Muela (1.414 m s.n.m.), el área de Otos y Benizar y el Campo de Mazuza. Se trata de una zona accidentada por barrancos que vierten hacia el norte, siendo los principales el formado por el arroyo de Benizar y sus afluentes en el oeste y el Barranco Bañador en el este, junto a la citada sierra.

#### Geometría

Las formaciones permeables de este acuífero son las compuestas por calizas del Barremiense-Aptiense inferior y calizas del Malm-Valanginiense inferior, separadas por una pequeña formación de baja permeabilidad de margas areniscosas del Valanginiense-Hauteriviense (Cretácico inferior). El impermeable de base no aflora pero podría tratarse de margas y margocalizas del Malm inferior, mientras que el impermeable relativo de

techo lo constituyen las arenas y margas del Utrillas junto con otras formaciones de baja permeabilidad del Cretácico inferior y que afloran por el este, sur y oeste en los flancos del doble anticlinal NE-SO que conforma su estructura. Por el norte, el límite se corresponde con la Falla de Socovos que pone en contacto formaciones de baja permeabilidad del Prebético externo. Presenta una superficie permeable de 47,6 km<sup>2</sup>.

Estructuralmente se compone de dos anticlinales: uno al NO en el área de Benizar y Tazona y otro al SE que es el anticlinal de la Sierra de la Muela, separados por un sinclinal fallado retrocabalgante hacia el SE. En el núcleo del primer anticlinal, aflora la formación de calizas del Barremiense-Aptiense inferior, mientras que en el del segundo aflora además, la formación de calizas del Malm-Valanginiense inferior.

#### Funcionamiento hidrogeológico

No se conoce bien el funcionamiento de este acuífero puesto que los datos que se tienen son escasos. La única salida visible es la Fuente de Tazona (243540022), cuyo bajo caudal no justifica siquiera lo infiltrado en la superficie aflorante de la formación de calizas del Barremiense-Aptiense inferior (Cretácico inferior), por lo que es muy posible que la formación de baja permeabilidad que la separa de la de calizas del Malm-Valanginiense inferior actúe de semipermeable. Esta última formación, aflorante en la Sierra de la Muela, no posee a su vez surgencias visibles, por tanto, todo lo que se infiltre, debe circular en profundidad, en principio, hacia las formaciones permeables inferiores.

Los caudales de este manantial, situado en el NE junto a la Falla de Socovos, oscilaron entre 9,40 l/s (31-1-1997) y 21,67 l/s (29-10-1.997) con un caudal intermedio de 12,40 l/s (25-4-1.996). El caudal medio fue de 14,49 l/s equivalente a 0,5 hm<sup>3</sup>/a. El flujo subterráneo, válido sólo para la formación calcárea superior, se dirige desde el SO hacia el NE.

### Piezometría

La Fuente de Tazona, relacionada con las calizas del Barremiense-Aptiense inferior, surge a 710 m s.n.m. Por otro lado se poseen datos del sondeo Benizar II (243530018), enclavado en la formación superior de calizas, que capta también la formación inferior con un nivel bastante estable en el período de estudio, cuya cota se sitúa en torno a 726 m s.n.m. Este sondeo está situado en el núcleo del Anticlinal de Benizar, a unos 6 km de Fuente de Tazona y una cota muy parecida, por lo que podría existir un cierto grado de conexión entre ambas formaciones.

### Acuífero Capilla

Se encuentra superpuesto al acuífero Taibilla en su parte sur, con una superficie total de 52 km<sup>2</sup> (24,29 km<sup>2</sup> permeables). De forma alargada, con orientación ENE-OSO, se extiende desde Arroyo Tercero al sur de la Sierra del Zacatín en la parte occidental, hasta Benizar al NO de la Sierra de la Muela, en la parte oriental, con una longitud de unos 20 km y una anchura media de 2-3 km, extendiéndose por la pedanía de El Sabinar y los calares de la Cueva de la Capilla (1.434 m s.n.m.). Incluye zonas llanas en el entorno de la citada pedanía y zonas de barrancos junto a la citada Cueva de la Capilla (Barranco de la Fuente) y en las cercanías de Benizar. En este acuífero nace el río Moratalla o Benámor y su afluente, el arroyo de Hondares. Sobre este acuífero se sitúa el de Molata, en los relieves de Puntal de la Covacha y el Cerro de Bagil, en la parte centro-oriental.

### Geometría

Está constituido por dos formaciones permeables: una al oeste, de calizas de algas con un espesor máximo de 250 m, cuya edad es Aquitaniense-Burdigaliense

(Mioceno inferior) y otra al este, de calizas organógenas masivas y arenas del Mioceno inferior-medio en discordancia con las anteriores a las que biselan. Unas y otras están en conexión hidráulica a través de esta discordancia.

El impermeable de base es el Mioceno inferior de areniscas, limos, arcillas y conglomerados que afloran en el sector occidental. Sin embargo, dado el carácter discordante de las calizas organógenas del Mioceno inferior-medio, debajo de éstas pueden aparecer otros materiales impermeables, como las margas y margocalizas del Oligoceno. Las fallas detectadas por una campaña de geofísica eléctrica realizada en 1.991, ponen en contacto formaciones impermeables laterales como es el caso de las constituidas por margas y calizas del Paleoceno superior o las de margas, margocalizas y areniscas del Cretácico inferior (frente de Cabalgamiento del Subbético), con las formaciones permeables de este acuífero. El impermeable de techo viene definido por unas margas, calizas y areniscas del Mioceno inferior-medio, que lo separan del acuífero Molata.

El acuífero tiene una estructura compleja y diferente según los sectores. En el Sabinar consiste en un anticlinal que es interrumpido hacia el este por una pequeña falla de desgarre sinistral que atraviesa la citada población de NO a SE. Esta falla da paso hacia el este a una serie monoclinas que buza hacia el sur hasta la falla de desgarre dextral de Zaén de Arriba puesto que al otro lado de la misma buza hacia el norte con algunos pliegues, disponiéndose subhorizontal en el entorno de Benizar, en el extremo oriental.

Los límites de este acuífero son: al NO vienen definidos por los afloramientos basales de areniscas, limos, arcillas y conglomerados del Mioceno inferior. En el extremo más oriental de la falla del sur de la Sierra del Zacatín, el límite lo constituye este accidente al poner en contacto las calizas del Mioceno inferior con las margas y calizas del Paleoceno. Al norte es posible que el límite lo constituya el Oligoceno de margas y margocalizas oculto bajo el acuífero Molata.

Por el NE, el límite lo constituyen las arcillas dolomíticas y dolomicritas del Cenomaniense superior y las areniscas, limos, arcillas y conglomerados del Mioceno inferior. Por el SE, las margas y margocalizas del Oligoceno y por el SO, las formaciones de margas, calizas y areniscas del Mioceno inferior-medio, las margas, margocalizas y areniscas del Cretácico inferior subbético y las areniscas, limos, arcillas y conglomerados del Mioceno inferior.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Según la disposición espacial de las formaciones, este acuífero se puede considerar colgado. Los recursos vienen dados por la infiltración de lluvia útil y por parte de los provenientes del acuífero de Molata ya que se encuentra superpuesto al de Capilla. El flujo subterráneo se encuentra sectorizado, existiendo numerosos manantiales.

Las isopiezas basadas en las cotas de los manantiales y el nivel del único sondeo existente (noviembre-diciembre de 1.990) muestran 3 sectores:

- Sector occidental (El Sabinar-Zaén de Arriba). Presenta un flujo de NO a SE y los manantiales más caudalosos de todo el acuífero con cotas entre 1.226 y 1.140 m.
- Sector central (Calar-Cueva de La Capilla). Limitado al oeste por la falla de Zaén de Arriba y al este por un umbral de dirección NO-SE que pasaría aproximadamente por el Cortijo del Altico. El flujo subterráneo es hacia el SO y los manantiales se localizan entre 1.250 y 1.150 m s.n.m.
- Sector oriental (Benizar). Su flujo es hacia el NE con una piezometría entre 1.155 y 950 m s.n.m.

Las salidas subterráneas están representadas por los manantiales (el único sondeo existente no se usa) con un caudal conjunto de 94,87 l/s en noviembre-diciembre de 1.990 que equivale a 3,0 hm<sup>3</sup>/a. Hay que considerar estas cifras como superiores a la media de aquel año puesto que no se poseen datos de la época de estiaje ni de su régimen de funcionamiento.

### Piezometría

La piezometría está representada por 23 puntos de agua (22 manantiales y un sondeo) que se relacionan en el cuadro siguiente:

Características de los puntos de agua del acuífero Capilla (nov.-dic.-1990)

IDENTIFICACIÓN			N.P. (m s.n.m.)	CAUDAL (l/s)	USO
I.P.A.	NAT	NOMBRE			
2435-3-0003	M	Fuente de Benizar	950	3,5	Regadío
2435-3-0010	M		1032	2	Abast. de Benizar
2435-3-0013	M	Fuente de Charán	1190	0,12	Abast. de Charán
2435-5-0001	M	Fuente del Sabinar	1190	3	Regadío
2435-5-0002	M	Fuente de los Peones	1193	0,5	Abast. de El Sabinar
2435-5-0018	M	Río Benamor	1197	0,5	Regadío
2435-5-0019	M	Fuente Colorada	1226	0,25	Sin uso
2435-5-0020	M	Fuente la Leona	1210	2	Sin uso
2435-5-0021	M	Fuente de el Pocico	1219	3	Regadío
2435-5-0022	M	Fte. de los Cantos	1195	11	Abast. + regadío
2435-5-0023	M	Los Cantos	1205	2	Regadío
2435-5-0024	M	Fuente de Zoya	1219	3	Regadío
2435-5-0025	M	Cortijo de los Cabezuelas	1197	2,5	Sin uso
2435-5-0037	S	Sondeo Martín Herrero	1192	0	Sin uso
2435-6-0001	M	Fuente de Zaén de Arriba	1203	15	Abast. + regadío
2435-6-0005	M	Fuente el Saltín	1250	9	Sin uso
2435-6-0019	M	Fuente de la Risca	1150	2	Sin uso
2435-6-0020	M	Fuente de Berenger	1150	5	Sin uso
2435-6-0022	M	Fuente de Salchicha	1175	1	Sin uso
2435-6-0024	M	Fuente Nueva	1150	10	Abast. + regadío
2435-6-0026	M	Fuente del Rey	1157	9	Abast. + regadío
2435-7-0028	M	Fuente de Higuera	1050	1,5	Sin uso
2435-7-0030	M	Fuente del Rincón	1155	9	Regadío

### Acuífero Molata

Superpuesto al acuífero Capilla en el norte de su sector central, incluye el Cerro de Bagil (1.373 m s.n.m.), Puntal de la Covacha (1.435 m s.n.m.), Molata de Charán (1.417 m s.n.m.) y el vértice Molata (1.505 m s.n.m.). De estos relieves parten hacia el norte los barrancos que sirven de cabecera de la Rambla de Lucas y Rambla de Segovia que conforman la denominada Rambla de Lorca, como una de las que confluyen en el arroyo de Letur, afluente directo del Segura.

### Geometría

La formación permeable está constituida por 80-100 m de calizas y areniscas del Mioceno medio, siendo el impermeable de base y lateral de margas, calizas y areniscas del Mioceno inferior-medio y calizas y margas del Oligoceno superior. La estructura es la de un sinclinal colgado muy suave, casi horizontal, de dirección ENE-OSO con buzamientos máximos en el borde sur de 10°. La superficie es de 8,3 km<sup>2</sup>.

### Funcionamiento hidrogeológico

La alimentación proviene de la infiltración de lluvia útil. Las salidas están constituidas, fundamentalmente, por cinco manantiales y el sentido de flujo es hacia el norte y el NE. El caudal conjunto a través de sus manantiales fue de 28,5 l/s en noviembre-diciembre de 1.990, que equivale a 0,9 hm<sup>3</sup>/a.

### Piezometría

La piezometría está representada por las cotas de surgencia de los manantiales expresadas en la tabla siguiente:

**Características de los manantiales del acuífero Molata (nov.-dic.-1990)**

NOMBRE	COTA (m s.n.m.)	CAUDAL (l/s)	USO
2435-6-0006 La Fuente Grande	1280	5	Regadío
2435-6-0007 Fuente Rubingan	1270	6	Regadío
2435-6-0008 Fuente de las Pilicas	1290	1.5	Regadío
2435-6-0027 Fuente de las Pilicas	1278	4	Regadío
2435-6-0029 Fuente de las Víboras	1282	12	Regadío
<b>TOTAL</b>		<b>28,5</b>	<b>-</b>

### Caracterización de acuíferos y definición geométrica de la Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuensanta

Situada en la parte occidental de la Zona de Pliegues y Pliegues-Falla, abarca desde el embalse de La Fuensanta (río Segura), junto a la Sierra de Juan Quílez (931 m s.n.m.), en la parte nororiental, hasta la superficie endorreica de Pinar Negro (1.771 m s.n.m.) junto a la cabecera del Barranco del Borbotón en su extremo SO, sirviendo de límite de referencia la Falla de Puebla de Don Fadrique de orientación ONO-ESE. La formación permeable principal es la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense con unos 300 m de potencia. De forma secundaria, también se incluyen materiales permeables del Eoceno y del Mioceno. Estas últimas constituyen formaciones calcáreas de menor espesor y localizadas generalmente en culminaciones montañosas. Como ya se ha indicado, la estructura se caracteriza por la presencia de pliegues de dirección predominante N30E de vergencia hacia el oeste de forma que en algunos lugares, los flancos llegan a estar invertidos y afectados por fallas inversas. Por otro lado, existen fallas de desgarre dextral, perpendiculares a la dirección de los pliegues. Esta Unidad

puede definirse dentro de los siguientes límites, no siempre cerrados hidrogeológicamente:

- Por la parte occidental el límite viene dado por los afloramientos de materiales impermeables del Cretácico inferior del Anticlinal del río Segura a lo largo de toda su margen derecha desde la desembocadura del río Madera al NO de Santiago de la Espada, hasta el embalse de La Fuensanta al este de Yeste, ocupando la formación permeable principal ambas orillas desde la confluencia del citado río hasta el nacimiento del río Segura así como aguas abajo del embalse hasta la Falla de Socovos desde el SE de Molinicos hasta el NO de Letur en un tramo donde esta falla limita con la Unidad de Pliegues Jurásicos (07.04).

- Por el SE el límite se encuentra oculto bajo las series terciarias y por el frente de cabalgamiento subbético como impermeable de techo de carácter tectónico que incluye la Unidad Hidrogeológica de Taibilla (07.19), unidad alóctona superpuesta que cuenta con una base impermeable de margas del Cretácico inferior así como margas y yesos del Triásico que han servido de superficie de deslizamiento tectónico sobre la unidad que nos ocupa. En las dolomías del Cenomaniense-Turonense, se ha detectado bajo el relleno terciario, que éstas pasan hacia el SE a facies neríticas de baja permeabilidad según los datos de un perfil geoelectrico realizado en la Rambla de Almaciles al sur de la Hoja de Nerpio. Así pues, el límite oculto se podría establecer en profundidad sobre una línea de dirección NE-SO desde la Rambla de la Rogativa entre Nerpio y El Sabinar, hasta la Rambla de Almaciles al SO de Cañada de la Cruz.

Teniendo en cuenta lo anterior y por criterios tectonosedimentarios genéricos de la Cordillera Bética, la línea de cambio lateral de facies descrita, debe discurrir en profundidad con dirección ENE-OSO por el norte de Puebla de Don Fadrique hasta la falla que toma el nombre de esta población en un punto situado a 15 km al oeste de la misma. Por último, el límite por el SO se establecería por la Falla de Puebla de Don

Fadrique de dirección ONO-ESE transversal al plegamiento principal, que separaría esta Unidad de la de Castril (05.02) constituyendo un límite hidrogeológico abierto.

Es difícil establecer una definición de acuíferos en esta Unidad puesto que, aparte de la complejidad estructural, los accidentes tectónicos no siempre dan lugar a límites hidrogeológicos cerrados. Por otro lado, la formación permeable principal (dolomías del Cenomaniense-Turoniense) se encuentra oculta en áreas muy amplias. Los acuíferos diferenciados en esta Unidad son los siguientes:

- Acuífero Humoso-Juan Quílez
- Acuífero de Góntar
- Acuífero El Berral
- Acuífero Loma del Sapillo
- Acuífero Calar de Pilillas-Palancares
- Acuífero Huebras
- Acuífero Pincorto
- Acuífero Palomas
- Acuífero Guillimona
- Acuíferos del Cretácico inferior.

#### Acuífero Humoso-Juan Quílez

Situado en el extremo NE de la Unidad, está surcado por el río Segura que incluye el embalse de la Fuensanta en su parte centro-occidental. El río Taibilla también lo atraviesa por su parte oriental. Entre ambos ríos se sitúa la Sierra de Juan Quílez (931 m s.n.m.). Presenta 65,3 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables.

### Geometría

La formación permeable principal está constituida por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense con culminaciones aisladas de calizas lacustres del Mioceno medio. El impermeable relativo de base lo constituye la formación de arenas y margas del Utrillas. Está conformado por un sinclinorio fallado de dolomías del Cenomaniense-Turoniense de dirección NE-SO, cuyos límites son los siguientes:

- Por el norte y por el oeste, aflora el impermeable relativo de base de la formación del Utrillas, bien en contacto estratigráfico o por falla.
- En el NE por la falla de Socovos, que lo separa de la Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo (07.04)
- Hacia el este, por la falla de Letur-Don Martín, semioculta por afloramientos miocenos y cuaternarios, que separa este acuífero de la Unidad de Anticlinal de Socovos (07.37)
- Por el sur, el límite queda oculto por una formación de margas del Mioceno superior en la llanura existente entre Casas del Pino y el embalse de la Fuensanta.

### Funcionamiento hidrogeológico

El funcionamiento hidrogeológico de este acuífero debe estar, en gran medida, influenciado por las fuertes oscilaciones de nivel del embalse de la Fuensanta, situado sobre su formación permeable, ya que los desembalses se emplean en el regadío de las vegas de Murcia y Alicante. Esto conlleva un importante intercambio hídrico con respecto al acuífero de modo que cuando el nivel alcanzado por el embalse es alto, debe

producirse un aporte hacia el acuífero, invirtiéndose el sentido de flujo cuando el nivel desciende.

No se conoce ninguna surgencia importante en este acuífero por lo que su drenaje se debe realizar a favor de los cauces que lo atraviesan, y hacia el propio embalse. En la parte sur del acuífero se ha intentado determinar su posible relación con el río Taibilla en un tramo que éste atraviesa las dolomías del Cenomaniense-Turonense, entre el puente de la carretera Casas del Pino-Fuente Higuera y las Casas de Juan Quílez, mediante tres secciones de aforo cuyos resultados se expresan en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDAL (l/s)				
	2334-8-STA Río Taibilla – Casas del Pino	2334-8-SDA Arroyo de la Dehesa	(2334-8-STA) + (2334-8-SDA)	2334-8-STB Río Taibilla – Juan Quílez	(2334-8-STB) - (2334-8-STA + 2334-8-SDA)
4-11-1996	161,80	-	-	-	-
30-1-1997	394,24	67,92	462,16	495,76	33,60
23-4-1997	411,01	44,66	455,67	464,20	8,53
18-7-1997	99,96	6,10	106,06	107,15	1,09
5-11-1997	385,44	90,11	475,55	507,31	31,76

Las secciones 23348STA (605 m s.n.m.) y 23348SDA (630 m s.n.m.), controlan las entradas superficiales del río Taibilla y del arroyo de la Dehesa respectivamente, sobre los afloramientos permeables dolomíticos del Cenomaniense-Turoniense en una longitud total de unos 5 km. La salida se realiza a través de la sección 23348STB (570 m s.n.m.), en el río Taibilla, aguas abajo. Se observa que se produce una ganancia de caudal que oscila entre casi nula (1,09 l/s), hasta los 33,60 l/s, con una media de 18,75 l/s equivalentes a 0,6 hm<sup>3</sup>/a. Es previsible que aguas abajo, este acuífero siga cediendo caudal al río.

No parece que este sector tenga relación hidrogeológica con la zona del embalse puesto que sus cotas máxima y mínima son de 604 y 532 m s.n.m. Teniendo en cuenta que nunca se encuentra al 100% de su capacidad, se observa que está topográficamente por debajo de las secciones de aforo estudiadas. Por otro lado, en la orilla este del embalse, aflora el impermeable relativo de la Facies Utrillas por lo que no puede recibir aportes subterráneos desde el este.

Se puede concluir que el flujo subterráneo se dirige desde el sur y SO, hacia el embalse de Taibilla, situado al norte, o bien hacia el NE, por el valle del río Taibilla y en relación con este río. Es muy posible que la relación río-acuífero se efectúe también aguas abajo de su desembocadura en el río Segura, hasta la salida del acuífero en su intersección con la Falla de Socovos.

#### Piezometría

A falta de surgencias de interés en este acuífero, las diferentes cotas de la superficie del embalse son las que deben marcar la piezometría. La amplitud de cotas que puede alcanzar la lámina de agua oscila entre 532 y 604 m s.n.m. Puesto que nunca está

al 100 % de su capacidad, pero tampoco completamente vacío, se puede admitir una amplitud aproximada de entre 560 y 590 m s.n.m.

Por otro lado los aportes directos al río Taibilla se han medido a partir de las siguientes secciones de aforo:

- 23348STA (605 m s.n.m.)
- 23348SDA (630 m s.n.m.)
- 23348STB (570 m s.n.m.)

Aguas abajo de la sección 23348STB (Río Taibilla-Juan Quílez) y del muro de la presa del Embalse de la Fuensanta, se deben producir más aportes directos al río a cotas inferiores, hasta la salida del acuífero (y de la Unidad) hacia la cota 500 m s.n.m.

El único sondeo existente es el denominado “Casas del Pino” (233480023), pero su nivel no parece ser representativo, puesto que en todo el período de estudio apenas si osciló su cota de nivel piezométrico, situada a 548 m s.n.m.

#### Acuífero Góntar

Este acuífero se extiende desde la Sierra de los Molares (1.182 m s.n.m.) en el norte, junto a la cola del embalse de la Fuensanta en el río Segura, por la Sierra de Góntar (1.531 m s.n.m.) en el centro, hasta la Rambla de Camino y el Morro de los Calderones (1.423 m s.n.m.) en el sur, siguiendo la margen derecha de este río y la de su afluente el Zumeta. Por el este se extiende hasta la Sierra de Lagos (1.511 m s.n.m.) y la población de Yetas de Abajo. La altura máxima la alcanza en su mitad sur en el vértice de Cabeza Rasa (1.604 m s.n.m.). Topográficamente constituye una superficie de páramo de unos 1.300-1.400 m de cota media que incluye las sierras citadas, que se encuentra elevada con respecto al río Segura (entre 600 y 700 m s.n.m.) y al valle del Taibilla

(entre 700-800 m s.n.m.). En la fuerte pendiente que existe hacia los valles son frecuentes los abarrancamientos.

### Geometría

Constituido por un pliegue sinclinal de unos 25 km de longitud y 5 km de anchura media, de dirección N45°E, con una inmersión hacia el NE y que se extiende desde la Sierra de los Molares hasta la Rambla de Camino al SO de la Hoja de Yetas de Abajo.

La formación permeable principal está constituida por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, de unos 300 m de potencia. Secundariamente se superpone una formación de calizas del Mioceno inferior-medio que constituye la culminación de la Sierra de los Molares, de los cerros de la Umbría y de Cabeza Rasa, con un espesor medio de unos 150-200 m. La superficie total permeable es de 107,3 km<sup>2</sup>. Los límites de este acuífero pueden establecerse de la manera siguiente:

- Por el oeste, los afloramientos de baja permeabilidad de la formación de arenas y margas del Utrillas del Anticlinal del río Segura.
- Por el este, los afloramientos de esta misma formación del anticlinal fallado de Sege, y en el SO de Yetas de Abajo.
- Por el sur, por la existencia de una falla ONO-ESE entre la Rambla de Camino y el norte de Nerpio, que no desconecta totalmente la formación permeable principal con respecto al acuífero Huebras.
- Por el norte, el límite se establece en el río Segura, en la cola del embalse de la Fuensanta, en su orilla derecha, perteneciendo la orilla opuesta al acuífero de Humoso-Juan Quílez, teniendo en común la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense. Es, por tanto, un límite abierto y como se referirá más adelante, es por esta zona donde este acuífero es drenado por el río Segura.

### Comportamiento hidrogeológico

Las únicas surgencias visibles son poco importantes; caben destacar las ligadas a las dolomías del Cenomaniense-Turonense del área de Yetas de Abajo (233570021, 22 y 23), de la población de Sege (233530040), la de Sujayal (233530028 y 29), la de la Graya (233530011) o la de Góntar (233570032). Por otro lado, existen manantiales relacionados con las calizas del Mioceno inferior en el área del Morro de los Calderones, cerca de la Rambla de Camino (233570002 y 14). En el área limítrofe con la Sierra de los Molares, en la cola del embalse de la Fuensanta, es donde se ha podido cuantificar un drenaje del mismo a partir de las secciones de aforo 23353SSA, río Segura-Vado de Siseros y 23348SSA, río Segura-Tindavar, aprovechando un episodio de aguas bajas en el citado embalse. Así pues el 6-11-1.996 la sección 23353SSA dió un caudal de 769,74 l/s mientras que la sección 23348SSA anotó 1.115,03 l/s. Ambas secciones controlan el contacto de la formación permeable principal con el lecho del río Segura por lo que la diferencia entre ambas dió como resultado el caudal drenado por este acuífero y que fue, por tanto, de 345,29 l/s equivalentes a 10,9 hm<sup>3</sup>/a, cifra bastante representativa para ese año teniendo en cuenta que se obtuvo en época de estiaje.

El flujo subterráneo principal debe aprovechar la inmersión de este pliegue sinclinal para dirigirse hacia el NE, por donde se efectúa el drenaje mencionado. Debido a la existencia de los manantiales citados, parte de ese flujo principal deriva hacia el norte y hacia este e incluso, en pequeña proporción, hacia el sur y SO.

Las calizas del Mioceno inferior funcionan más propiamente como área de recarga, que posteriormente transmiten a las dolomías infrayacentes, por lo que apenas poseen surgencias ni flujo lateral definido.

### Piezometría

Los manantiales ligados a las dolomías del Cenomaniense-Turonense poseen cotas descendentes cuanto más al norte y al oeste se sitúen. En la tabla siguiente se relaciona la cota de salida de los puntos mencionados con anterioridad.

LOCALIDAD	MANANTIAL	COTA (m s.n.m.)
Yetas de Abajo	2335-7-0021	1300
	2335-7-0022	1300
	2335-7-0023	1280
Góntar	2335-7-0032	1080
Sege	2335-3-0040	960
Sujayal	2335-3-0028	940
	2335-3-0029	920
La Graya	2335-3-0011	900

Por último, la surgencia directa al cauce del río Segura obtenida a partir de las dos secciones de aforo, se sitúa entre los 600 (Vado de Siseros) y los 590 m s.n.m. (Tindavar).

### Acuífero El Berral

Situado entre la población de Yetas de Abajo y el río Taibilla, incluye la población de Beg, perteneciente al municipio de Nerpio. Se encuentra atravesado por algunos barrancos que discurren hacia el río Taibilla, situado al este, como el barranco de las Herrerías y su afluente, el arroyo de la Zorrera de Yetas. Su culminación se sitúa hacia el oeste, entre el Porche y Las Quebradas con 1.180 m snm.

### Geometría

Posee como formación permeable principal, las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de unos 200 m de potencia que lateralmente hacia el oeste y mediante falla se ponen en contacto con una formación de calizas del Aptiense de unos 250 m de potencia máxima. Se superponen unos materiales de permeabilidad media pertenecientes al Pliocuatrnario, compuestos por conglomerados y arcillas rojas, que conforman la mayor parte de la superficie aflorante de este acuífero ocultando parcialmente una estructura, básicamente, consiste en un suave sinclinal de dirección NE-SO con inmersión hacia el NE, por lo que respecta a la formación dolomítica, y de flanco verticalizado e incluso invertido para la formación calcárea del Aptiense. Tiene 16,4 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables. Esta complejidad estructural, oculta en buena parte, conlleva la dificultad de establecer unos límites claramente identificables. No obstante, es posible establecerlos de la manera siguiente:

- Por el norte, una falla NO-SE eleva este acuífero, desconectando su formación permeable principal.
- Por el sur, una falla NE-SO, sólo observable en el arroyo de La Zorrera y oculta en el arroyo de Las Herrerías, se dispone sobre la formación impermeable del Utrillas en su parte visible (en el SO), pero no está claro que desconecte este acuífero, en su zona cubierta (en el SO), de su formación permeable principal por lo que podría representar un límite abierto.
- Por el este, se sitúa la falla del valle del río Taibilla que no desconecta totalmente la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense con respecto a la Unidad del Anticlinal de Socovos situada en la parte oriental de esta falla, representando por lo tanto, otro límite abierto que, probablemente, no sea importante por quedar situado en zona no saturada.
- Por el oeste, el límite viene dado por los afloramientos impermeables de la formación arenas y margas del Utrillas del anticlinal fallado e invertido de Sege.

### Funcionamiento hidrogeológico

No existen manantiales importantes que drenen los recursos de este acuífero por lo que éstos deben migrar lateralmente o en profundidad. El único punto de drenaje destacable es el 233540001, fuente de El Berral, cuyo caudal fue 1-2 l/s en el período de estudio.

La transferencia lateral de recursos no parece probable puesto que en el Anticlinal de Socovos los manantiales surgen a una cota superior en la orilla derecha del río Taibilla y tampoco parece probable que se dirijan hacia el sur puesto que se produce un aumento progresivo de la cota del muro de la formación dolomítica cenomanoturoniense; queda por último la posibilidad de que migren en profundidad hacia formaciones permeables del Jurásico a través de la formación calcárea del Aptiense aprovechando las fallas verticalizadas, incluso inversas, del flanco oriental del anticlinal de Sege.

### Piezometría

El único sondeo que posee este acuífero (233530052 ) se encuentra situado a unos 600 m al noreste de la pedanía de Beg a la cual abastece (unos 100 hab). Su nivel se encuentra a unos 52 m de profundidad (848 m s.n.m.) situado en las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, no ofreciendo variaciones sustanciales en el período de control (7-11-1.996 / 22-7-1.997). El manantial 233540001 surge a 740 m s.n.m., en el NE del acuífero

### Acuífero Loma del Sapillo

Este acuífero abarca desde las lomas del Sapillo y del Sabinar, al sur de Yetas de Abajo, hasta la Rambla de la Rogativa, al este de Nerpio, y desde el valle del Taibilla cerca de la presa de toma del Canal de Taibilla, hasta esta última población. Presenta un relieve accidentado, surcado en gran medida por barrancos y arroyos tributarios del río Taibilla, entre los que destaca la Rambla de la Rogativa y el Arroyo Blanco por el SE y las ramblas del Sapillo y de la Casa de la Cabeza por el centro. El punto culminante es el vértice Mingarao (1617 m s.n.m.) al NO de Nerpio.

#### Geometría

La formación permeable principal es las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de unos 200 m de potencia, aunque en su parte centro-meridional también cuenta con formaciones calcáreas del Eoceno y del Mioceno inferior-medio con unos 150 y 100 m de espesor aproximado respectivamente. El impermeable de base lo constituyen las arenas y margas del Utrillas. Los límites de este acuífero son los siguientes:

- Por el NO aflora la formación Utrillas, junto con una falla que queda en parte oculta por los conglomerados y arcillas pliocuaternarios a lo largo del arroyo de Las Herrerías y que puede representar un límite abierto con respecto al acuífero de El Berral a través de la formación dolomítica.
- Por el este, la falla N-S del valle del río Taibilla puede representar otro límite abierto, esta vez con la Unidad 07.37 Anticlinal de Socovos, al no desconectar la formación dolomítica a ambos lados de la misma.
- Por el SE, el límite vendría dado por la falla E-O situada al sur de la Sierra del Zacatín donde quedan involucradas las formaciones dolomítica del Cenomaniense-Turoniense y la calcárea del Eoceno no perdiendo contacto entre sí y suponiendo, por tanto, otro límite abierto. En profundidad, siguiendo datos de geofísica eléctrica

realizada para este estudio, en la Rambla de Almaciles (situada al sur de la Hoja de Nerpio) junto con criterios tectonosedimentarios generales de la Cordillera Bética, se puede afirmar que bajo el frente de cabalgamiento subbético, La formación dolomítica pasa lateralmente a facies neríticas impermeables hacia el SE a la altura de la Rambla de la Rogativa al este de Nerpio.

- Por el sur y SO, el límite se establece por una falla ONO-ESE entre la Rambla de la Rogativa y la Rambla de Camino al SO de la Hoja de Yetas de Abajo que pasa por el norte de la población de Nerpio y que interesa a la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense sin llegarla a desconectar totalmente como se demuestra al menos a unos 10 km al SO de Yetas de Abajo donde, según la campaña de geofísica eléctrica realizada para este estudio, se detectó la misma entre 0 y 200 m de profundidad (bajo la serie calcarea del Mioceno inferior-medio) con unos 350 m de espesor pero con un salto de falla de sólo 100-150 m, donde el acuífero de la Loma del Sapillo quedaría en el labio hundido de la misma. Por tanto, este límite sería abierto con un posible flujo subterráneo procedente del sur hacia este acuífero.

Presenta una estructura monoclinal suavemente alabeada y con fallas, que buza unos 15° hacia el SE. El acuífero posee una superficie permeable de 66,6 km<sup>2</sup>.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Los recursos de este acuífero proceden casi exclusivamente de la infiltración de la lluvia útil, aunque también posee una transferencia por parte del río Taibilla al atravesar los afloramientos calcáreos eocenos situados al norte de Nerpio así como los dolomíticos del Cenomaniense-Turoniense aguas abajo del embalse de Taibilla.

No posee manantiales importantes. Los únicos que merece la pena destacar son los situados en las inmediaciones de la Rambla de Camino que drenan con muy escaso

caudal, las formaciones calcáreas del Mioceno inferior-medio (2335-6-0002, 2335-6-0014, etc.), así como los situados en los barrancos que dan lugar a la Rambla de la Casa de La Cabeza, también con muy escaso caudal (2335-7-0027, 2335-7-0028, etc.), que drenan también estas formaciones. Para determinar las surgencias se controlaron 4 secciones de aforo a lo largo del tramo del río Taibilla que interesa a este acuífero y que se exponen en la tabla siguiente.

FECHA	CAUDALES (l/s)			
	2336-3-STA Río Taibilla – Nerpio N.E.	2335-8-STB Río Taibilla – Cola Embalse de Taibilla	2335-8-STA Río Taibilla – Presa Embalse de Taibilla	2335-7-STA Río Taibilla – Emb. Taibilla Toma
4-11-1996	291,58	270,88	219,81	-
29-1-1997	601,45	648,99	284,17	1140,00
23-4-1997	426,13	446,54	285,31	1150,00
22-7-1997	179,44	143,42	527,75	1410,00
5-11-1997	508,69	371,09	800,30	1900,00

Las dos primeras secciones, 23363STA y 23358STB, controlan la entrada y la salida del río Taibilla en los afloramientos calcáreos del Eoceno respectivamente, mientras que las dos siguientes lo hacen sobre la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense aguas abajo (23358STA en la entrada y 23357STA en la salida) y compartida con el acuífero Taibilla de la Unidad del Anticlinal de Socovos. Los resultados de sendos aforos diferenciales son los siguientes:

FECHA	CAUDALES (l/s)	
	2335-8-STB - 2336-3-STA	2335-7-STA - 2335-8-STA
4-11-1996	-20,70	-
29-1-1997	47,54	855,83
23-4-1997	20,41	864,69
22-7-1997	-36,02	882,25
5-11-1997	-137,60	1099,70

Según estos datos, parece ser que las calizas del Eoceno aportan caudal al río en periodos de precipitaciones, drenándolo en estiaje. En cambio, las dolomías del Cenomaniense-Turoniense poseen un comportamiento mucho más estable puesto que siempre aportan caudal al río Taibilla que fue en el periodo de medidas de entre 855,83 l/s y 1.099,70 l/s. Este drenaje, por estar compartido con el acuífero de Taibilla, se le supone como la mitad proveniente de cada acuífero, siendo la media de sus aportes de 925,62 l/s y su mitad, 462,81 l/s equivalentes a 14,6 hm<sup>3</sup>/a.

Las calizas del Eoceno deben de poseer conexión hidrogeológica en profundidad, con las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, aportando volumen de drenaje en épocas de estiaje. El caudal medio de pérdida del río en ese tramo es de 25,27 l/s equivalente a 0,8 hm<sup>3</sup>/a, que deben surgir probablemente aguas abajo entre las secciones 23357STA y 23358STA. El flujo subterráneo se dirige desde el sur y SO hacia el NE.

### Piezometría

Los manantiales ligados a las calizas del Mioceno inferior-medio son poco importantes y representan las cotas de salida más elevadas de este acuífero. Así, los situados en el área de la Rambla de Camino más relevantes son el 233560002 con 1.280 m s.n.m. y el 233560014 con 1.270 m s.n.m. Por otro lado, los principales de la Rambla de la Casa de la Cabeza son el 233570027 y 233570028 con 1.260 y 1.240 m s.n.m. respectivamente.

Las surgencias directas al río Taibilla a partir de las calizas del Paleoceno-Eoceno, se sitúan entre 1.060 y 960 m s.n.m., mientras que las que lo hacen a partir de las dolomías del Cenomaniense-Turonense, están entre 880 y 840 m s.n.m.

### Acuífero Calar de Pilillas-Palancares

Incluye a las denominaciones de unidades de Calar de Marchena y de Tobos (ITGE-UG, 1991). Se trata de un acuífero de cierta complejidad estructural que se extiende desde el Calar de Pilillas y el arroyo de Marchena en el NE, por el SO entre los ríos Segura y Zumeta, hasta la población de Pontones en el primero y el Cortijo del Vado en el segundo, teniendo como límite las fallas de Pontones (NO-SE) y de Santiago de la Espada (NE-SO) que se cruzan cerca de los núcleos de Los Atascaderos y Las Saladillas a unos cinco km al SO de la población de Santiago de la Espada.

Las culminaciones más importantes se encuentran en el Calar de Pilillas (1.742 m s.n.m.) al NE, el cerro de Bermeja (1.677 m s.n.m.) al E, Risca Buitreras (1.692 m s.n.m.) al oeste, Los Puestos (1.785 m s.n.m.) en el centro y el vértice Almorchón (1.915 m s.n.m.) en el extremo SO como culminación de la Sierra del mismo nombre. El área del cerro Bermeja y la del núcleo de la Muela, situadas al sur y al norte del Arroyo Marchena, en el extremo NE del acuífero, se han delimitado administrativamente como

pertenecientes a la Unidad Hidrogeológica 07.14 Segura-Madera-Tus, aunque desde el punto de vista hidrogeológico, se corresponden con la unidad en curso.

### Geometría

Este acuífero está compuesto básicamente por una estructura de plegamiento de dirección NE-SO intensamente fallada y con vergencia hacia el NO. La parte noroccidental se compone por un sinclinal con fallas inversas NE-SO que duplican la formación permeable principal de dolomías del Cenomaniense-Turoniense en el área del Calar de Pilillas, suavizándose dicha estructura hacia el SO. En el núcleo de dicho sinclinal, afloran las calizas y margas del Mioceno medio. La parte suroriental se compone de un anticlinal en cuyo núcleo se disponen las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, limitado por falla inversa al NO y por falla normal al SE.

Se pueden establecer los límites de este acuífero de la manera siguiente:

- En el SO, la falla de Pontones de orientación NO-SE, representa un límite abierto puesto que las dolomías del Cenomaniense-Turoniense no se llegan a desconectar totalmente a ambos lados de la misma.
- En el SE, el límite viene dado por una falla normal N 60° E que pasa junto a la población de Santiago de la Espada y que pone en contacto las calizas del Mioceno medio con las margas del Mioceno superior.
- Por el este, la citada falla N 60° E contacta con otra N 30° E, paralela al río Zumeta por su vertiente izquierda en el entorno del núcleo de Tobos y por el afloramiento del impermeable de base de la formación Arenas del Utrillas desde Vites hasta la parte norte del Cerro de las Pilicas y desde la población de Marchena hasta Miller al norte del Calar de Pilillas.

Este acuífero tiene 94,5 km<sup>2</sup> de superficie permeable.

### Funcionamiento hidrogeológico

El control hidrométrico de este acuífero, se ha efectuado a partir del aforo de sus manantiales más importantes que son los siguientes:

- 223580013 Fuente de la Toba
- 223630002 Molino de Loreto
- 223630041 Molino de Loreto II
- 223640011 Arroyo Zumeta
- 233610001 Fuente de Tobos

También se han empleado distintas secciones de aforo de los cauces involucrados:

- 22363SAA Arroyo Azul
- 23355SMA arroyo de Marchena
- 23355SGA arroyo de las Gorgollitas
- 23355SHA arroyo de los Huecos
- 23355SSA río Segura-Las Juntas

Las tres últimas secciones sirven de apoyo puesto que por sus diferencias de caudales denotan un aporte subterráneo directo a los cauces de los ríos Segura y Zumeta. En la tabla siguiente, la relación de secciones de aforo que controlan este acuífero en su parte oriental.

2235-8-0013		2336-1-0001		2335-5-SMA		TOTAL
FUENTE DE LA TOBA		FUENTE DE TOBOS		AYO. MARCHENA		
Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Q (l/s)
23-5-1996	184,35	28-5-1996	86,39	28-5-1996	85,79	356,53
18-9-1996	165,76	24-10-1996	82,41	24-10-1996	44,99	293,16
23-1-1997	461,68	27-1-1997	219,57	27-1-1997	257,77	939,02
16-4-1997	155,13	18-4-1997	113,27	18-4-1997	45,48	313,88
17-7-1997	147,11	21-7-1997	110,53	21-7-1997	7,00	264,64
3-11-1997	166,06	4-11-1997	78,93	4-11-1997	52,15	297,14

En esta parte del acuífero y tomando como representativa la cifra de abril de 1.997, las salidas se cifraron en 313,88 l/s equivalentes a 9,9 hm<sup>3</sup>/a. En la tabla siguiente, se expresan los caudales drenados por el río Segura entre el embalse de Anchuricas y las Juntas, discriminando las aportaciones de los afluentes:

2335-5-SGA (1)		2335-5-SHA (2)		2335-5-0063 (3)		2335-5-SMA (4)		2335-5-SSA (5)		(5)-(4)-
AYO. DE LAS GORGOLLITAS		ARROYO DE LOS HUECOS		FUENTE DE LOS CUATRO CAÑOS		AYO. MARCHENA		RÍO SEGURA-LAS JUNTAS		(3)-(2)-
Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Q (l/s)
23-5-1996	52,21	28-5-1996	240,84	28-5-1996	24,71	28-5-1996	85,79	-	-	-
18-9-1996	8,61	24-10-1996	25,57	24-10-1996	21,47	24-10-1996	44,99	-	-	-
28-1-1997	248,88	28-1-1997	605,28	28-1-1997	42,74	27-1-1997	257,77	-	-	-
16-4-1997	59,37	16-4-1997	73,58	16-4-1997	32,76	18-4-1997	45,48	16-4-1997	476,77	265,58
21-7-1997	18,17	21-7-1997	33,20	21-7-1997	13,01	21-7-1997	7,00	23-7-1997	334,48	263,10
3-11-1997	76,98	3-11-1997	89,90	3-11-1997	11,50	4-11-1997	52,15	6-11-1997	689,89	459,36

Tomando como caudales representativos los registrados en abril de 1.997, se obtienen 265,58 l/s equivalentes a 8,4 hm<sup>3</sup>/a. Esta cifra debe tomarse como máxima y orientativa, puesto que a pesar de que los embalses de Anchuricas en el Segura y la Novia en el Zumeta, retienen todo el agua que les llega, a veces liberan algo de

sobrantes. Por otro lado, no se contabilizan algunas pequeñas salidas por manantial, entre las que destacan las existentes en el núcleo de Miller.

Por último, se expresan a continuación, las secciones de aforo de la parte occidental.

2236-3-SAA ARROYO AZUL		2236-3-0002 MOLINO DE LORETO		2236-3-0041 MOLINO DE LORETO II		2236-4-0011 ARROYO ZUMETA	
Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)	Fecha	Q (l/s)
-	-	23-5-1996	144,43	-	-	23-5-1996	23,05
-	-	19-9-1996	136,71	-	-	19-9-1996	4,33
28-1-1997	198,89	28-1-1997	282,74	-	-	28-1-1997	183,81
25-6-1997	54,15	-	-	26-6-1997	45,54	25-6-1997	8,03
15-10-1997	32,55	15-10-1997	112,67	15-10-1997	80,64	-	-

En la tabla anterior, se puede tomar como representativo el caudal de octubre de 1.997. Falta el dato del arroyo Zumeta (223640011) pero asumiendo un caudal orientativo de unos 10 l/s, se obtienen 235,86 l/s equivalentes a 7,4 hm<sup>3</sup>/a. En total, las salidas registradas por este acuífero se pueden aproximar, sumando las salidas parciales enunciadas, a los 25,8 hm<sup>3</sup>/a.

El flujo subterráneo (al igual que el superficial) se dirige desde el SO hacia el NE aunque la complejidad estructural debe condicionar una cierta compartimentación, con flujos hacia el este (Fuente de Tobos; 233610001), hacia el oeste (Fuente de la Toba; 223580013) o incluso hacia el sur (Arroyo Zumeta; 223640010).

Las cotas de salida descienden hacia el NE, excepto en el área del cerro de las Pillillas en el entorno del Arroyo Marchena, que funciona con cierta independencia por existir surgencias ligadas al Mioceno inferior-medio, dolomías del Cenomaniense-

Turonense e incluso, dolomías del Cretácico inferior, en un área que forma un saliente con una estructura compleja de anticlinal NNE-SSO, al este del núcleo de Marchena y separado por falla de un pequeño sinclinatorio NE-SO situado a ambos lados de la parte terminal del Arroyo Marchena.

Es probable que exista una transferencia subterránea en el mismo sentido de flujo general, a través de la Falla de Pontones, proveniente del SO que engrose los recursos de este acuífero.

Las relaciones río-acuífero se encuentran bastante desarrolladas, de forma que desde Pontones hasta la confluencia del río Madera, el Segura gana en caudal al circular sobre las dolomías cenomanienses. Por otro lado, el río Zumeta aumenta su caudal al atravesar esta misma formación aguas abajo del embalse de La Novia. En la desembocadura de este río en el Segura, en el área de las Juntas, deben existir además, aportes importantes a partir de las calizas del Cretácico inferior.

#### Piezometría

A pesar de de la complejidad estructural que presenta este acuífero, las cotas de salida de sus manantiales descienden hacia el NE, según el sentido de flujo general. Así pues, en la parte occidental, las salidas más elevadas se producen en el Molino de Loreto II (223630041) con 1300 m s.n.m.; Molino de Loreto (223630002) con 1.290 m s.n.m.; Arroyo Azul (22363SAA) con 1.280 m s.n.m. y Arroyo Zumeta (2236-4-0011) a 1.380 m s.n.m. A continuación le sigue la Fuente de Tobos (233610001) con 1.130 m s.n.m. y la Fuente de la Toba (223580013) con 1.000 m s.n.m.

En el extremo NE en la población de Miller existen varias surgencias a distintas cotas entre las que destacan las correspondientes al 233550056 (15 l/s) a 1.020 m s.n.m. y 233550060 (10 l/s) a 940 m s.n.m. Estas surgencias drenan el sector del Calar de

Pilillas. Los manantiales 233550037 (1.260 m s.n.m.) y 233550038 (1.250 m s.n.m.) están situados en la cabecera del arroyo de Marchena, drenando el S del Calar de Pilillas mientras que las surgencias 233550034 y 233550031 (1.180 y 1.060 m s.n.m. respectivamente) drenan, entre otros, el área del Cerro de Pilicas. Todos ellos son controlados en la sección de aforo del arroyo Marchena (23355SMA) en su desembocadura en el río Zumeta.

### Acuífero Huebras

Este acuífero toma el nombre de la Sierra de Huebras, donde aflora su formación permeable principal, constituida por las dolomías del Cenomaniense-Turoniense. La formación permeable de dolomías del Cenomaniense-Turoniense aflora en el río Zumeta y en su vertiente derecha desde la Rambla de los Vaquerizos (límite Albacete-Granada) a unos 4 km al sur de Santiago de la Espada, hasta la Rambla de Camino, situada río abajo, a unos 15 km hacia el NE, formando una banda de 34,3 km<sup>2</sup> de superficie. Su punto culminante es el vértice Galacho con 1.638 m s.n.m.

### Geometría

En superficie, el afloramiento de la formación permeable principal, presenta una estructura de anticlinal NE-SO. El impermeable de base queda representado por la formación de arenas y margas del Utrillas. Los límites de este acuífero no son siempre visibles puesto que están ocultos bajo los recubrimientos de materiales terciarios situados más hacia el este.

Por el oeste, el límite viene dado por una falla normal, que lo separa del acuífero Pilillas-Palancares, próxima a la margen izquierda del río Zumeta desde la confluencia de la Rambla de los Vaquerizos hasta aproximadamente el Barranco de la Morera a unos dos kilómetros al sur de Tobos donde en el núcleo del anticlinal aflora el impermeable

relativo de base de la formación Arenas de Utrillas cuyos afloramientos se continúan por la margen derecha del río Zumeta hasta la Rambla de Camino.

Por el norte, el límite con respecto al acuífero de la Loma del Sapillo vendría dado por una falla ONO-ESE que llegaría hasta la Rambla de Camino, detectada en superficie y en profundidad por la campaña de geofísica eléctrica realizada para este estudio, donde se observó que no desconectaba totalmente la formación dolomítica del Cenomaniense a ambos lados de la misma, constituyendo por tanto, un límite abierto. Por el sur, la falla de Pontones ONO-ESE paralela a la anterior y de mayor importancia, sirve también como límite abierto puesto que tampoco llega a desconectar a la formación permeable principal. Por el oeste, esta formación queda oculta bajo formaciones terciarias suprayacentes así como la unidad alóctona de la Sierra de Taibilla de edad jurásica. El impermeable de techo, está compuesto por margas arenosas del Cretácico superior.

Por el estudio de geofísica realizado para este Proyecto en un perfil geoelectrico a lo largo de la Rambla de Almaciles al sur de la citada sierra, se pudo interpretar que la formación dolomítica va perdiendo espesor hasta desaparecer a unos 7-8 km al oeste de la población de Cañada de la Cruz (Murcia). Por el contexto regional de la Cordillera Bética la razón se debe a un cambio lateral de facies hacia las zonas internas de la misma donde la sedimentación de plataforma da paso a sedimentos pelágicos lutíticos propios ya del Subbético externo y que poseen por tanto, un carácter de baja permeabilidad. La orientación de dicho cambio lateral de facies siguiendo siempre el contexto regional, debe tener dirección NNE-SSO de forma que se correspondería con una traza que en superficie iría desde la Rambla de la Rogativa a unos 7 km al este de Nerpio hasta la falla de Pontones, que en este sector discurre próxima a la Rambla de Almaciles, en el punto ya indicado al oeste de Cañada de la Cruz.

### Funcionamiento hidrogeológico

Los recursos de este acuífero proceden de la infiltración de lluvia útil sobre los afloramientos permeables y con toda probabilidad, a partir de las calizas terciarias del acuífero Pincorto, situado inmediatamente por encima, debiendo actuar como formación semipermeable, las margas y margocalizas del Cretácico superior. La Falla de Pontones debe representar un límite abierto a nivel de la formación de dolomías del Cenomaniense-Turonense y/o de la de calizas del Paleoceno-Eoceno, por lo que es posible que este acuífero reciba aportes subterráneos del acuífero Guillimona, situado hacia el SO.

De forma análoga, la falla que pasa por la Rambla de Camino, tampoco desconecta la formación permeable de dolomías, por lo que pueden circular aportes subterráneos hacia el acuífero de la Loma del Sapillo, por el NE. En cualquier caso, las surgencias visibles se realizan a través de la fuente de Juaneli (233610003), próxima al río Zumeta y a partir de aportes directos a este mismo río, según se ha detectado mediante la realización de aforos diferenciales en dos secciones: 22364SZA, situada a dos kilómetros al sur de Santiago de la Espada y 23361SZA, situada en el Puente de Vites, a unos dos kilómetros aguas arriba del embalse de la Novia.

Entre ambas secciones, este río recibe el aporte de la Fuente de Tobos (233610001), proveniente del acuífero Pilillas-Palancares, cuyo caudal se resta al del aforo diferencial, según se expresa en la tabla siguiente:

FECHA	CAUDALES (l/s)			
	2236-4-SZA (1) Río Zumeta – Cjo. Castellón	2236-1-SZA (2) Río Zumeta – Puente de Vites	2336-1-0001 (3) Fuente de Tobos	(2)-(3)-(1) AFORO DIFERENCIAL
6-11-1996	109,16	504,50	82,41	312,93
27-1-1997	2770,13	3862,10	219,57	872,40
18-4-1997	249,19	755,31	113,27	392,85
21-7-1997	130,73	603,50	110,53	362,24
4-11-1997	426,99	952,18	78,93	446,26

El caudal medio representativo de estos aforos diferenciales, puede estar próximo al registrado en abril de 1.997 y que se cifra en 392,85 l/s equivalentes a 12,4 hm<sup>3</sup>/a. Sin embargo hay que considerar que este volumen procede tanto de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense como de unas calizas del Cretácico inferior, situadas estas últimas a partir de la confluencia del Barranco de Morenal a unos 1.300 m al sur de Tobos. Se estima que el 70% de ese volumen debe proceder de las dolomías cenomanienses por lo que el volumen drenado por el río Zumeta en este acuífero debe ser de unos 8,7 hm<sup>3</sup>/a, siendo drenados los 3,7 hm<sup>3</sup>/a restantes a partir de las calizas del Cretácico inferior.

Por el este, el cambio lateral de facies de estas dolomías a formaciones supuestamente más impermeables en profundidad, viene a indicar que no es probable una transferencia subterránea en ese sector. En definitiva, el flujo subterráneo principal debe realizarse desde el SO hacia el NE.

#### Piezometría

Tan sólo en el sector del río Zumeta, se puede poseer algún dato sobre los niveles de este acuífero puesto que existe relación con el mismo. Así, las cotas por las que

discurre este río sobre las dolomías del Cenomaniense-Turoniense oscilan entre 1.180 y 1.100 m s.n.m. La fuente de Juaneli (233610003) surge también a 1.180 m s.n.m., vertiendo al río Zumeta.

### Acuífero Pincorto

Este acuífero toma el nombre del área de la Loma de Pincorto, situada entre la Sierra de Huebras y la Sierra de Taibilla en la zona que sirve de cabecera de la cuenca de recepción del río Taibilla. La cota más elevada se sitúa al sur en la Loma de las Yeguas con 1.877 m, descendiendo por el valle de este río hasta unos 1.100 m, cerca de la población de Nerpio.

### Geometría

La formación permeable principal está compuesta por unos 100 m de calizas del Paleoceno-Eoceno. De forma secundaria, a techo se sitúan otros 50-100 m de calizas del Mioceno inferior separadas de las anteriores por arenas y margas del Oligoceno. Este acuífero posee la estructura de un suave sinclinorio de dirección NE-SO fracturado e incluso laminado en el NE por afloramientos alóctonos del frente de cabalgamiento subbético. Tiene una superficie de afloramientos permeables de 72,8 km<sup>2</sup>.

Según la disposición de sus dos formaciones permeables se puede considerar como un acuífero bicapa, donde existe cierta conexión entre ambas mediante fallas. El impermeable de base estaría conformado por margas y margocalizas del Cretácico superior que lo separan del acuífero de Huebras infrayacente. En la mitad oriental posee además un impermeable de techo compuesto por las formaciones alóctonas cabalgantes de margas y yesos del Triás así como de margas y margocalizas del Cretácico de la Unidad Intermedia entre Prebético y Subbético que lo separan de la Unidad

Hidrogeológica de Taibilla, también cabalgante, compuesta por calizas del Jurásico. Como límites laterales tiene los siguientes:

Por el oeste, el límite viene dado por el afloramiento o subafloramiento del impermeable de base desde la Falla de Pontones en el SO hasta la falla que pasa por la Rambla del Camino en el NO. Por el sur, la desconexión se realiza a partir de la falla de Pontones aunque no de forma completa porque siguen entrando en contacto materiales de ambas formaciones permeables. Por el este y SE, por el afloramiento y subafloramiento del cambio lateral de facies que presentan las calizas del Eoceno que pasan a margocalizas y margas.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Los recursos de este acuífero proceden de la infiltración de lluvia útil y de una posible transferencia subterránea a través de la Falla de Pontones proveniente del acuífero Vidriera, situado al SO. La única salida importante se realiza a través del río Taibilla, controlada por la sección 23363STB situada a 1 km al O de Nerpio. Los caudales en el período de estudio fueron los siguientes:

FECHA	CAUDAL (L/s)
	2336-3-STB (RÍO TAIBILLA-NERPIO-W)
27-5-1996	31,45
21-10-1996	62,71
29-1-1997	281,18
23-4-1997	155,98
22-7-1997	12,49
5-11-1997	124,62

Si se considera la medida del caudal registrado en abril de 1.997, se obtiene la cifra de 155,98 l/s equivalente a 4,9 hm<sup>3</sup>/a. Por otro lado admitiendo la posibilidad de

incluir un pequeño porcentaje de escorrentía proveniente de la Unidad suprayacente de Taibilla, el volumen drenado sigue siendo escaso, por lo que hay que suponer un aporte subterráneo en las calizas del Paleoceno-Eoceno hacia otros sectores que podría ser hacia el NE al acuífero de la Loma del Sapillo, e incluso en profundidad, hacia la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense del acuífero Huebras, aprovechando líneas de fractura y tomando como semipermeable la formación de margas y margocalizas del Cretácico superior. En cualquier caso, el flujo principal subterráneo debe coincidir con el superficial dirigiéndose desde el OSO hacia el ENE.

#### Piezometría

Existen pequeños manantiales de escaso caudal en calizas del Mioceno inferior a cotas de 1.480 m s.n.m. en la Fuente de Gea y Fuente de Montañoz en el Puntal de Sotillo en el centro del acuífero. Deben producirse drenajes directos al río Taibilla a partir de esta última formación, aguas arriba de Nerpio, controlados en la sección de aforo 23363STB, con unas cotas en torno a los 1.100 m.

Se observa una salida a partir de las calizas del Paleoceno-Eoceno en el arroyo de Melgares, en el extremo SO, a una cota igual o superior a 1.500 m s.n.m. y que vierte hacia el río Zumeta con escaso caudal.

#### Acuífero Palomas

Situado entre las cuencas del Segura y Guadalquivir, ocupa un área que abarca por su extremo norte, el área del vértice Aroca (1.531 m s.n.m.), en la divisoria de ambas cuencas a unos 6 km al norte de Santiago-Pontones, en el límite de este municipio con el de Hornos. También en la misma divisoria, alcanza por su extremo sur, la zona del nacimiento del río Aguasmulas (afuente del Guadalquivir). Las elevaciones montañosas del eje de la divisoria hidrográfica alcanzan los 1.887 m s.n.m. en el área de la Capellanía,

en la parte sur. Por el este se sitúa otra alineación montañosa de orientación NE-SO; que sirve de divisoria entre el Segura y el Zumeta, denominada Sierra de Almorchón con la cota máxima en el vértice Palomas de 1.964 m s.n.m. en la parte sur y el vértice Almorchón de 1.915 m s.n.m. en la parte norte

En este acuífero tiene lugar el nacimiento del río Segura a 1.420 m s.n.m. hacia el centro-norte del mismo, situándose un poco más al este, el Monte Mariasnal de 1.840 m s.n.m., en posición intermedia con respecto a la Sierra de Almorchón. El desnivel hacia la cuenca del Guadalquivir (hacia el O), es mayor que hacia la cuenca del Segura (hacia el este), descendiendo por la primera los barrancos del arroyo de Montero, arroyo de las Espumaderas, arroyo de las Grajas y el ya citado río Aguasmulas, hasta unas cotas en torno a 1.000 m s.n.m., en tanto que en la segunda, los barrancos tributarios del Segura e incluso este mismo río, no bajan por debajo de la cota 1.320 (núcleo de Pontones). Esta característica debe provocar un cierto desplazamiento hacia el este de la divisoria hidrogeológica con respecto a la hidrográfica. Por otro lado, en el extremo oriental, los barrancos de cabecera del río Zumeta poseen cotas de contacto con el límite del acuífero aun mayores tales como 1.440 m s.n.m. en el arroyo de Venancia, 1.420 m s.n.m. en el arroyo de Don Domingo y Prado Molinero e incluso 1.500 m s.n.m. en la Rambla de los Cuartos, por lo que la divisoria hidrogeológica debe, esta vez, estar desplazada hacia el este con respecto a la hidrográfica, en detrimento de la cuenca del Zumeta.

### Geometría

La formación permeable principal es la de dolomías del Cenomaniense-Turoniense. De forma secundaria, afloran retazos de otras formaciones permeables suprayacentes como calizas del Senoniense inferior y del Mioceno medio-superior, al sur de Pontones y en la Sierra de Almorchón. También aflora, en el extremo SO, la formación de calizas del Barremiense-Albiense (Cretácico inferior). El impermeable de base principal lo constituyen las arenas y margas del Utrillas, así como otras formaciones

de baja permeabilidad del Cretácico inferior. Posee en su estructura una sucesión de anticlinales y sinclinales NE-SO, tanto más apretados cuanto más hacia el oeste, con fallas inversas y alguna escama de igual orientación. Los límites vienen dados por el afloramiento del impermeable de base a lo largo del flanco occidental del sinclinal situado más hacia el oeste. También aflora por el norte, en el entorno del arroyo Masegoso y en la mitad septentrional de su límite este. Por el límite NE, la falla de Pontones (ONO-ESE) no desconecta la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense con respecto al acuífero Pilillas-Palancares al igual que en el límite sur, con la falla de Puebla de Don Fadrique (también ONO-ESE), esta vez con respecto a la Unidad de Castril. Por el este, en su mitad meridional, la formación dolomítica tampoco está desconectada del vecino acuífero de Arroyo Frío, pero existe un umbral hidrogeológico en el límite, coincidente con un núcleo de anticlinal, que debe situar esta formación permeable en zona no saturada. Presenta 91,7 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Los recursos de este acuífero proceden de la infiltración de la lluvia útil y probablemente, de forma subterránea, de la Unidad de Castril proveniente del área de Pinar Negro. La salida principal se efectúa por el SO, a través del drenaje del río Aguasmulas en su nacimiento (223660001). Por el norte se efectúa otro drenaje importante a partir del nacimiento del río Segura (223620002) hasta Pontones. Otros drenajes menores se localizan a través del arroyo del Hombre, afluente del río Aguasmulas y por el oeste, por el arroyo de las Espumaderas. De forma subterránea, el drenaje se realiza a través de la Falla de Pontones, hacia el acuífero Pilillas-Palancares. A continuación se expresan las secciones de aforo controladas en este estudio.

2236-2-0002		2236-6-0001	
NACIMIENTO DEL RÍO SEGURA		NACIMIENTO DEL RÍO AGUASMULAS	
Fecha	Caudal (l/s)	Fecha	Caudal (l/s)
19-9-1996	95,35	27-9-1996	397,26
28-1-1997	1423,89	19-2-1997	1251,00
25-6-1997	131,15	7-7-1997	526,26
15-10-1997	91,99	10-10-1997	382,35

Las medidas de junio y julio de 1.997, se pueden considerar como las más representativas por situarse en un período de estiaje no excesivamente avanzado. La suma de ambos caudales de las fechas descritas es de 657,41 l/s, equivalentes a 20,7 hm<sup>3</sup>/a.

El flujo subterráneo se dirige preferentemente hacia el SO y oeste y de forma secundaria, hacia el NO. Como ya se ha indicado, la divisoria hidrogeológica entre el río Segura y Guadalquivir, se encuentra desplazada hacia el este con respecto a la hidrográfica, a favor de la cuenca del Guadalquivir debido al mayor desnivel topográfico de ésta, mientras que la divisoria hidrogeológica entre el Segura y el Zumeta debe estar desplazada también hacia el este con respecto a la hidrográfica correspondiente y en detrimento del Zumeta, por el mismo motivo.

#### Piezometría

Como ya se ha venido indicando anteriormente, las cotas de salida son más bajas en el oeste. Así, El nacimiento del río Aguasmulas (223660001) se encuentra a 1.140 m s.n.m., mientras que el nacimiento del río Segura está a 1.420 m s.n.m. La salida de este río del acuífero en Pontones se efectúa a 1.320 m s.n.m. En cuanto a la parte este, las cotas son excesivamente altas, por lo que sus manantiales no son importantes. Se pueden destacar los manantiales 223670009 y 10 a cota de 1.460 m.

### Acuífero Guillimona

Ocupa el área de los arroyos de cabecera del río Zumeta de la cuenca del Segura, en sus dos tercios occidentales (Cerezo de las Nogueras, Rambla de los Cuartos, Barranco de los Pastores y Rambla de los Vaquerizos), así como los arroyos de cabecera del río Raigadas, río Bravatas y Rambla de Almaciles, en el tercio oriental y pertenecientes a la cuenca del Guadalquivir.

Entre ambas zonas se sitúa la divisoria de las dos cuencas en la Cuerda de Guillimona, que alcanza los 2.064 m s.n.m. De orografía accidentada, los cauces descritos salvan grandes desniveles a través de barrancos y hasta la salida de los límites del acuífero, desde los 1.400-1.500 m s.n.m. en la parte sur hasta los 1.200 m s.n.m. en la parte norte.

Desde el punto de vista administrativo la parte correspondiente a la cuenca del Guadalquivir, según la divisoria hidrográfica, pertenece a la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril, aunque por criterios geológicos e hidrogeológicos, se incluye en la Unidad que se está describiendo.

### Geometría

Posee una estructura en sinclinorio de dirección NE-SO, con ejes de inmersión hacia el NE y frecuentes fallas paralelas a los pliegues. La formación permeable principal es la constituida por dolomías del Cenomaniense-Turoniense, que aflora mayoritariamente en el tercio occidental y en algún retazo al sur otra formación permeable importante son las calizas del Paleoceno-Eoceno en la parte central y oriental y por último, las calizas del Mioceno inferior-medio que se observan en la culminación de

los relieves, que suelen ser núcleos de sinclinal, en la Cuerda de Guillimona, Cerro de los Marjales o en la Cuerda de la Muela. Tiene 97,9 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables.

Pese a que existen formaciones de baja permeabilidad intercaladas, lo cierto es que las tres formaciones se encuentran conectadas entre sí, en buena parte por la existencia de fallas. Este acuífero se encuentra limitado por el norte y por el sur por dos fallas paralelas, citadas en los últimos acuíferos, de dirección ONO-ESE y de carácter dextral. La falla norte es la Falla de Pontones, que no llega a desconectar las formaciones permeables de este acuífero con respecto a las de Huebras y Pincorto. La falla sur o Falla de Puebla de Don Fadrique, tampoco desconecta la formación permeable principal con respecto a la Unidad de Castril.

El impermeable de base lo constituye la formación de arenas y margas del Utrillas, que aflora en el extremo NO, en la mitad N de un anticlinal que sirve de límite con el acuífero Palomas. En la mitad S de dicho anticlinal, existe continuidad de la formación permeable principal de ambos acuíferos, al aflorar ésta en su núcleo, pero es probable que constituya un umbral hidrogeológico puesto que debe estar situada en la zona no saturada.

Por el este y SE, el límite se encuentra oculto puesto que no aflora la formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense. Siguiendo el contexto regional de la Cordillera Bética y contando con los datos de la campaña de geofísica eléctrica de este estudio en la Rambla de Almaciles, esta formación dolomítica experimenta un cambio lateral de facies, donde la sedimentación de plataforma da paso a sedimentos pelágicos lutíticos propios del Subbético externo. Estos sedimentos de baja permeabilidad constituirían por tanto, el límite oriental del acuífero que, teniendo en cuenta el desplazamiento dextral de la Falla de Pontones, podrían encontrarse bajo una línea imaginaria NE-SO que iría desde el área del Collado de los Altos y el Puntal del Coto,

cerca de la citada falla, hasta la cabecera del río Bravatas al norte de la Sierra de la Sagra (2.383 m s.n.m.), junto a la Falla de Puebla de Don Fadrique.

#### Funcionamiento hidrogeológico

Los recursos de este acuífero proceden de la infiltración de la lluvia útil y con bastante probabilidad, de la Unidad de Castril en la parte SO, a través de la Falla de Puebla de Don Fadrique. Las salidas se localizan al NO, relacionadas con las dolomías del Cenomaniense-Turonense y canalizadas por los arroyos de cabecera del río Zumeta. De forma secundaria, por el sur existen otras surgencias relacionadas con calizas del Eoceno. Por el norte, en el área del Puerto del Pinar, en la carretera Puebla de Don Fadrique-Santiago de la Espada, debe producirse una transferencia subterránea hacia el acuífero Huebras, a través de la Falla de Pontones.

Las calizas del Eoceno y del Mioceno medio-superior, funcionan como área de recarga preferente, con abundantes fenómenos kársticos que favorecen la infiltración. Las secciones de aforo que controlan las salidas de este acuífero se representan en la tabla siguiente.

FECHA	CAUDALES (l/s)		
	2236-4-0001 BERRAL	2236-8-0001 MUSO	TOTAL
23-5-1996	91,81	-	-
19-9-1996	111,50	66,94	178,44
27-1-1997	114,37	101,63	216,00
25-6-1997	113,85	67,22	181,07
14-10-1997	111,76	102,41	214,17

Como ya se ha indicado en otros acuíferos, los caudales registrados en junio de 1.997 parecen ser los más representativos. La suma de ambos es de 181,07 l/s, equivalentes a 5,7 hm<sup>3</sup>/a, cifra un tanto baja puesto que no se tienen en cuenta el resto de

las salidas enunciadas. En abril de 1.997 se registraron 249,19 l/s (7,9 hm<sup>3</sup>/a) en la sección 22361SZA del río Zumeta-Cortijo de Castellón, que recoge el caudal de todos sus arroyos de cabecera, incluyendo los de las secciones enunciadas. Esta cifra sigue siendo baja.

En los manantiales que drenan por el sur, sólo se poseen datos de otras fechas (años 1.989-90). Se sabe que en febrero de 1.990, los caudales de los manantiales 223740009 y 223740010 fueron de 60 y 50 l/s respectivamente y 70 l/s para el 223740002 en marzo. El caudal conjunto fue de 180 l/s, que unido a los 249,19 de la sección de aforo del río Zumeta, sería de aproximadamente de 430 l/s equivalentes a 13,6 hm<sup>3</sup>/a.

#### Piezometría

Las cotas de salida de los manantiales situados al NO son de 1.300 m s.n.m. para el 223640001 y de 1.320 para el 223680001, mientras que en el sur, son de 1.395 m s.n.m. para el 223740010, 1.440 para el 223740009 y 1.480 para el 223740002. Las cotas de los manantiales del sur son más elevadas ya que están relacionados con la formación de calizas del Eoceno, mientras que los del norte lo están con las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, situadas por debajo. También debe influir el hecho de que los ejes de los pliegues tengan inmersión hacia el NE.

#### Acuíferos de Cretácico inferior

Como ya se ha indicado en la Unidad 07.14. Segura-Madera-Tus, en esta Unidad también existen acuíferos de formaciones permeables de Cretácico inferior con características y planteamientos similares a los ya enunciados y que básicamente se sitúan en contacto por falla con los acuíferos descritos, o bien lo hacen aisladamente. En la tabla siguiente, se muestran estos últimos.

NOMBRE	SITUACIÓN	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
Morote	N de Humoso-Juan Quílez	7,9	Sin surgencias importantes
Zumeta	Río Zumeta entre Tobos y Vites	3,0	Relación con río Zumeta
<b>TOTAL</b>	-	10,9	-

La relación río-acuífero en el afloramiento de Zumeta ya se indicó en el apartado del acuífero Huebras ya que comparten las mismas secciones de aforo diferencial. Se estimó que el volumen drenado por el río Zumeta a partir de este afloramiento fue de 3,7 hm<sup>3</sup>/a.

### 6.3.5. Parámetros hidráulicos

Como ya se ha venido indicando, son muy escasos los sondeos en las 4 unidades de la Sierra de Segura-Cazorla. Todavía son más escasos los ensayos de bombeo para la determinación de los parámetros hidráulicos y realizados en esta zona, por lo que no es posible establecer extrapolaciones representativas en las formaciones estudiadas.

En el cuadro siguiente, se indican las características de los sondeos ensayados:

Sondeo	Profundidad (m)	Nivel piezométrico (m)	Formación	Espesor atravesado (m)
2334-8-0023 Casas del Pino	220	61,60	Dolomías (Cen.- Turonense)	193
2435-7-0002 Somogil	290	22,50	Dolomías (Cen.- Turonense)	224
2435-3-0018 Benizar II	557	27,76	Calizas (Jurásico superior)	490
2435-3-0002 Benizar I	281	27,89	Calizas (Jurásico superior)	206

En el cuadro siguiente se detallan las características y resultados de los ensayos de bombeo.

Sondeo	Q (l/s)	Tiempo de bombeo	Desc. (m)	T (m <sup>2</sup> /día)		S	Observaciones
				Desc.	Recup.		
2334-8-0023 Casas del Pino	50	48 horas	24,13	72-1320	24-1968	-	Posible conexión con río Taibilla
2435-7-0002 Somogil	37	9 minutos	71,1 (hasta la bomba)	-	-	-	Bomba a 93,60 m
2435-3-0018 Benizar II	100	164 horas	13,51	1752	1968	-	Descenso residual de 6 m en 6 h de recuperación
2435-3-0002 Benizar I	-	-	9,96	1656	1752	8*10 <sup>-4</sup>	Piezometro situado a 16,1 m del Benizar II

Por último, hay que indicar que el sondeo 233480023 pertenece a la Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuensanta y los otros 3, a la Unidad Hidrogeológica 07.37 Anticlinal de Socovos.

Con el fin de mejorar el conocimiento y recabar más datos de estas unidades, se propone la realización de ensayos de bombeo en los siguientes sondeos:

- **Sondeo de Jartos** 2334-7-0083 U.H. 07.14 Segura-Madera-Tus
- **Sondeo de las Hoyas** 2334-3-0080 U.H. 07.14 Segura-Madera-Tus
- **Sondeo de Férez** 2434-6-0022 U.H. 07.37 Anticlinal de Socovos
- **Sondeo de Letur (Bco. del Cementerio)** 2434-5-0002 U.H. 07.37 Anticlinal de Socovos
- **Sondeo de El Campillo** 2535-6-0004 U.H. 07.37 Anticlinal de Socovos
- **Sondeo de Beg** 2335-3-0052 U.H. 07.07 Fuente Segura-Fuensanta

### 6.3.6. Características físico-químicas

La hidroquímica de las aguas subterráneas está condicionada por la litología y por las actuaciones antrópicas que puedan modificarla. En este estudio se analizan las características físico-químicas muestreadas en relación a su calidad natural y a la posible influencia de focos de contaminación en el entorno que puedan degradar su composición natural.

Las Sierras de Segura-Cazorla están divididas en 4 unidades, con una caracterización hidroquímica muy similar, ya que está compuesta casi exclusivamente por formaciones carbonatadas. Estas unidades son:

- U.H. 07.14 Segura-Madera-Tus
- U.H. 07.36 Calar del Mundo
- U.H. 07.37 Anticlinal de Socovos
- U.H. 07.07 Fuente Segura-Fuensanta

Se han realizado varias campañas de recogida de muestras entre junio de 1.996 y noviembre de 1.997, en coordinación con la toma de datos piezométricos y de aforo y de forma específica, para conocer el estado natural del agua a partir de una campaña flash así como la posible degradación a que ha sido sometida, donde para ello se realizó un inventario de focos de contaminación. La mayoría de las muestras analizadas corresponden a manantiales asociados a la formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense, seguido en importancia de los provenientes de materiales calcáreos del resto del Cretácico superior y del Terciario.

La caracterización química de las aguas subterráneas se realiza en primer lugar atendiendo a sus facies, mineralización y dureza. Las diversas representaciones gráficas en los diagramas de Piper-Hill, Stiff, Schoëller-Berkaloff y rectangulares, elaboradas a partir de los contenidos de los iones mayoritarios, proporcionan una mejor definición de sus características fundamentales.

Las relaciones entre los diversos iones sirve de apoyo para el conocimiento de los materiales por los que ha circulado el agua. Así pues, se han realizado diferentes correlaciones entre aniones mayoritarios y la conductividad y entre cationes mayoritarios y el ion bicarbonato.

La facies hidroquímica predominante se considera como aquella que expresada en tanto por ciento de meq/l, supera el 50 % del contenido en aniones y cationes. Como facies secundaria se entiende a la que supera el 25 %. La codificación empleada es la siguiente.

Código	Facies	Código	Facies
A	Bicarbonatada	a	Cálcica
B	Sulfatada	b	Magnésica
C	Clorurada	c	Sódica

La mineralización se expresa a partir de la conductividad eléctrica del agua, utilizándose para su clasificación los siguientes intervalos.

Conductividad	Mineralización
< 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Sin mineralización
65-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Mineralización muy débil
201-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Mineralización ligera
501-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Mineralización notable
>2001 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Mineralización fuerte

En la realización de este estudio, se ha tenido en cuenta un inventario de focos potenciales de contaminación, realizado a partir de encuestas realizadas en los ayuntamientos y oficinas de extensión agraria de cada población o comarca. También se consideran los análisis químicos de muestras tomadas en sucesivas campañas. Los municipios estudiados son: Riópar, Molinicos, Yeste, Letur, Férez, Socovos y Nerpio en la provincia de Albacete y Moratalla en la de Murcia. En los anexos se exponen las

correspondientes fichas de focos ordenadas por municipios, donde se realiza una valoración cualitativa y cuantitativa de los distintos focos potenciales de contaminación, atendiendo al siguiente índice:

- Datos generales
- Actividades industriales
- Actividades ganaderas
- Actividades agrícolas
- Actividades urbanas
- Resumen
- Tablas de valoración
- Abastecimientos urbanos
- Mapas de focos

Por último, se han determinado aquellos puntos que superan los límites de potabilidad para el abastecimiento, según la normativa española vigente en "R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público" y que contempla los siguientes límites máximos admisibles:

PARÁMETRO	VALOR MÁX.	PARÁMETRO	VALOR MÁX.
DQO	5 mg/l O <sub>2</sub>	PH	9,5
Cl <sup>-</sup>	200 mg/l	Conductividad	2.500 µS/cm
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	250 mg/l	Residuo seco	1.500 mg/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1 mg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50 mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5 mg/l
Na <sup>+</sup>	150 mg/l	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5 mg/l
Mg <sup>++</sup>	50 mg/l	SiO <sub>2</sub>	-
Ca <sup>++</sup>	-	Temperatura	25 °C
K <sup>+</sup>	12 mg/l		

**Unidad Hidrogeológica 07.14 Segura-Madera-Tus**Calidad natural de las aguas subterráneas

Los acuíferos pertenecientes a esta Unidad están constituidos por la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense. La mayoría de ellos incluye además, una formación de calizas del Senoniense inferior y ocasionalmente, calizas del Mioceno. En esta Unidad se han considerado los resultados de 156 muestras de 82 puntos, casi todos ellos de los años 1.996-97, expresados en mg/l, excepto la conductividad que figura en  $\mu\text{S/cm}$  y el pH en unidades de pH (tablas 7.1 a 7.16 del Anejo de Hidroquímica). Las facies hidroquímicas de esta Unidad son las siguientes:

FACIES	NÚMERO	PORCENTAJE
Bicarbonatada Cálcica	84	53,7
Bicarbonatada Magnésica	37	23,6
Bicarbonatada Magnésico-Cálcica	20	12,8
Bicarbonatada Cálcico-Magnésica	12	7,6
Clorurada Sódica	2	1,3
Bicarbonatada-Clorurada Magnésico-Cálcica	1	1,0
<b>TOTAL</b>	<b>156</b>	<b>100</b>

Como se puede observar en el diagrama de Piper de la página siguiente, esta Unidad posee una notable homogeneidad hidroquímica. Las facies son bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas magnésicas, con todos sus términos intermedios, asociadas a las formaciones calcáreas y dolomíticas del Cretácico superior y Terciario. Hay tres puntos que poseen una facies totalmente diferente de tipo clorurado sódico y bicarbonatado-clorurado magnésico-cálcico, asociadas a la formación de calizas del Aptiense inferior pero que con gran probabilidad proviene de formaciones más profundas.

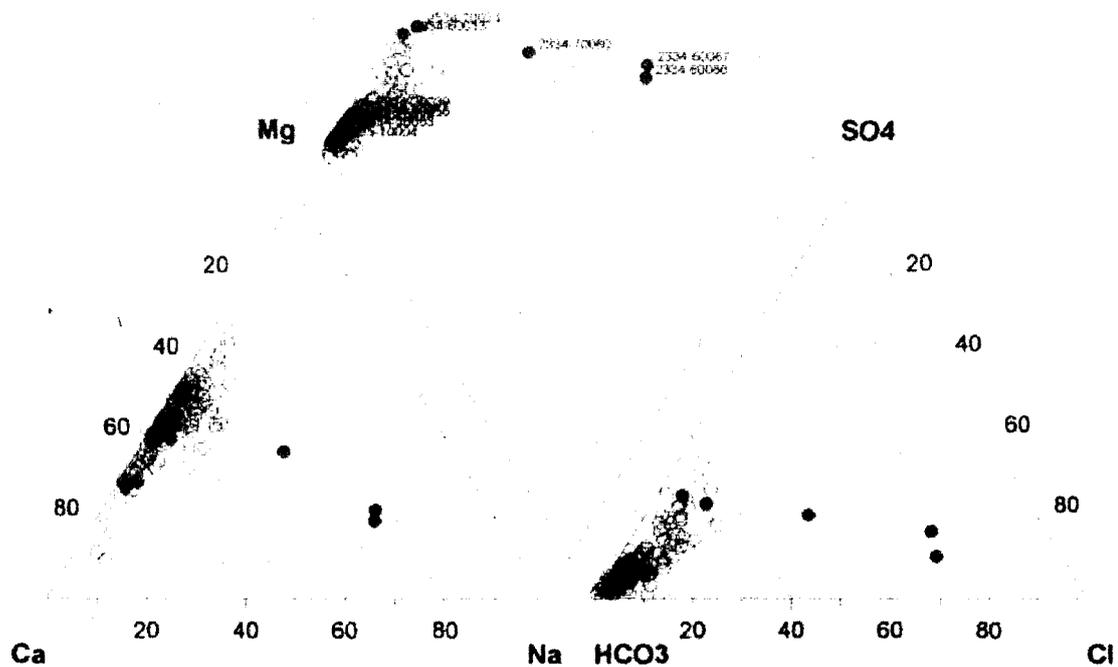


Diagrama de Piper de la Unidad Hidrogeológica 07.14 Segura-Madera-Tus

La mineralización de las aguas es ligera en 123 muestras, notable en 33 y fuerte en 1. El valor de la conductividad oscila entre 252 y 2.501  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un valor medio de 445  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Todas las muestras analizadas de esta Unidad, excepto tres, corresponden a las facies bicarbonatada cálcica o bicarbonatada magnésica o intermedias entre ambas. Por otro lado, los gráficos de correlación Conductividad- $\text{HCO}_3^-$  y Conductividad- $\text{SO}_4^-$  (gráficos 7.1 y 7.2 del Anejo de Hidroquímica), poseen una forma muy parecida, con todos los puntos agrupados excepto los tres correspondientes a las muestras de facies no bicarbonatadas cálcicas o magnésicas, que se encuentran alejados de tales agrupaciones. Se destaca el hecho de que a mayor conductividad, el contenido en bicarbonatos aumenta en mayor proporción que el de sulfatos.

Las formaciones calcáreas y dolomíticas del Cenomaniense-Turonense y posteriores a este período se corresponden con la gran mayoría de los puntos muestreados, mientras que los tres últimos se sitúan sobre una formación calcárea del Aptiense inferior.

#### Aguas procedentes de formaciones del Cenomaniense-Turonense y superiores

Están constituidas por aguas provenientes de materiales calcáreos y dolomíticos, desde el Cenomaniense-Turonense hasta el Mioceno, incluyendo todos los puntos muestreados de esta Unidad excepto 10. Presentan, como ya se ha indicado, una gran homogeneidad de facies perteneciendo íntegramente a la facies bicarbonatada cálcica y magnésica, teniendo esta última una proporción más importante en aquellos acuíferos que sólo cuentan con la formación de dolomías del Cenomaniense-Turonense como es el caso del acuífero de Herrada con un 60 % de sus puntos, o donde las formaciones calcáreas no ofrecen surgencias importantes, como es el caso del acuífero Tinjarra, con un 80 %.

La facies bicarbonatada cálcica es mayoritaria en los acuíferos que sí poseen surgencias asociadas a formaciones calcáreas, como el caso del Cujón con el 70 % o Navalperal con el 65 %. Presentan una mineralización ligera a notable. Entre los aniones mayoritarios destaca el  $\text{HCO}_3^-$ , con un contenido medio de 264 mg/l y una variación entre 161 y 462 mg/l. El siguiente en importancia es el  $\text{SO}_4^-$  con una media de 25 mg/l y un rango de variación de entre 2 y 125 mg/l. Por último, el  $\text{Cl}^-$  oscila entre 0 y 35 mg/l con una media de 9 mg/l. Entre los cationes destaca el  $\text{Ca}^{2+}$ , con una media de 54 mg/l y una oscilación entre 29 y 108 mg/l, seguido del  $\text{Mg}^{2+}$ , con un rango de variación entre 9 y 62 mg/l y valor medio de 29 mg/l. Por último, el  $\text{Na}^+$  posee una media de 5 mg/l con extremos en 1 y 24 mg/l.

Los gráficos de correlación de la conductividad con los aniones (gráficos 7.1 y 7.2 del Anejo de Hidroquímica), muestran una mayor relación de ésta con el  $\text{HCO}_3^-$ , que

con el  $\text{SO}_4^-$  como era de esperar, de forma que aumentos en la conductividad implican aumentos en el primer anión mientras que en el segundo, apenas se nota esta tendencia.

En cuanto a los cationes  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , se puede deducir que ambos poseen parecida correlación con respecto al ión  $\text{HCO}_3^-$  (gráficos 7.3 y 7.4 del Anejo de Hidroquímica), teniendo en cuenta la mayor abundancia del primero con respecto al segundo, mostrando que la procedencia es de formaciones calcáreas con una proporción importante de origen en la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense.

#### Aguas procedentes de formaciones del Cretácico inferior e inferiores

En este grupo se refieren aguas de muy diversa composición, representadas por 10 puntos provenientes de 4 formaciones (Gráfico 7.5 del Anejo de Hidroquímica).

- Areniscas, arcillas y margas con yeso (Triásico). Incluyen dos puntos con facies bicarbonatada cálcica 233420039 y 233420083 con mineralización notable y ligera respectivamente.
- Calizas, dolomías y margas (Aptiense inferior). Se poseen 5 puntos de características muy diferentes.
  - 233460086 de facies clorurada sódica y mineralización notable.
  - 233460087 de facies clorurada sódica y mineralización fuerte.
  - 233470024 de facies bicarbonatada cálcica y mineralización notable.
  - 233470060 de facies bicarbonatada-clorurada magnésico-sódica y mineralización notable.
  - 243410047 de facies bicarbonatada cálcica y mineralización ligera.
- Dolomías, calizas y areniscas (Aptiense-Albiense). Representadas por un punto, el 233460013 de facies bicarbonatada cálcica y mineralización ligera.
- Arenas, margas y calcarenitas de la Fm Utrillas (Albiense). Incluyen dos puntos de mineralización ligera, el 233470028 y el 233510004, de facies bicarbonatada magnésica y bicarbonatada cálcica respectivamente.

Como se observa, existen 7 puntos que no se diferencian en facies y mineralización de los situados en formaciones más recientes, puesto que siguen siendo aguas bicarbonatadas cálcicas o magnésicas con mineralización ligera o notable. En cambio los restantes 3 puntos, pertenecientes a la formación de calizas, dolomías y margas del Aptiense inferior, representan una composición anómala que se aparta de la que poseen los materiales de los cuales surgen, puesto que presentan elevados contenidos en los aniones  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$  y en los cationes  $\text{Na}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$  si bien, este último en menor medida. Los puntos referidos son el 233460086, 233460087 y 233470060 y surgen a favor de fallas importantes que denotan un origen profundo en atención, no sólo a las características enunciadas, sino también a que poseen un cierto termalismo. Los materiales por los que el agua ha circulado en profundidad cargándose en los iones descritos, deben ser ricos en yeso y halita constituyentes de las formaciones del Triásico, que en este contexto regional han formado parte de superficies de deslizamiento de cabalgamientos y escamas, así como de inyección en fallas. Es por tanto previsible que la circulación subterránea ha debido producirse a través de las formaciones permeables del Jurásico intercomunicadas con las del Cretácico inferior.

#### Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

Se han estudiado los municipios de Molinicos y Yeste, donde si bien sus correspondientes términos municipales abarcan otras unidades incluso fuera de la zona de estudio, los núcleos principales se encuentran dentro de esta Unidad.

#### Actividad industrial

Esta actividad se limita a pequeños enclaves de poca importancia situados en general a los núcleos principales y que utilizan la red de saneamiento y vertederos locales, como es el caso de un matadero y una almazara en Molinicos y una almazara y

una gasolinera en Yeste. En el caso de las almazaras, también se depositan parte de sus residuos sobre el terreno Molinicos o sobre un cauce en Yeste, constituyendo focos con riesgo alto de contaminación aunque puntual. El caso de la gasolinera constituye una afección potencial por posibles fisuras en los depósitos de combustible. Fuera de estos núcleos existe un camping y un balneario en Yeste junto al río Tus, que vierte los residuos líquidos en el mismo río.

#### Actividad ganadera

Realizada de forma intensiva en granjas y también de forma extensiva, la carga total expresada en KgN/año es de 25.440 en Molinicos y 88.371 en Yeste. El ganado ovino es el más abundante (1.996) con 4.750 cabezas en Molinicos y 13.291 en Yeste, seguido del caprino con 687 y 3.132 respectivamente. En la Tabla siguiente se expresa la carga contaminante total en kgN/año.

Municipio	Bovino	Ovino	Caprino	Equino	Porcino	TOTAL	KgN/ha/año
Molinicos	181	18696	2704	3859	0	25440	1,75
Yeste	678	52313	12328	22512	539	88370	1,74

Se observa una carga nitrógeno por hectárea y año (KgN/ha/año) casi igual, de 1,75 y 1,74, bastante baja.

#### Actividad agrícola

Los cultivos más importantes se sitúan junto a los núcleos de población, caracterizándose por una agricultura de montaña. A continuación se exponen las cantidades de abono en kgN/ha/año que se suministran a los diferentes cultivos.

CULTIVO	KgN/ha/año
Olivar	45
Cereales	45-50
Leguminosas	45-50
Tubérculos	75-90
Hortalizas	80-90
Frutales de secano	30-40
Frutales de regadío	80
Viñedos	0

En la Tabla siguiente, se exponen los cultivos y la cantidad total de nitrógeno suministrado.

MUNICIPIO	CULTIVO	SECANO	REGADÍO	KgN/año
Molinicos	Olivar	120	60	8100
	Cereales	500	180	34000
	Tubérculos	50	100	11250
	Forrajeras	-	120	6000
	Hortalizas	-	95	7125
	Frutales	300	151	30000
	Viñedos	15	-	0
	<b>Total Molinicos</b>	<b>985</b>	<b>706</b>	<b>96475</b>
Yeste	Olivar	380	234	27630
	Cereales	3174	181	167750
	Tubérculos	147	534	51075
	Frutales	91	2	3255
	Viñedos	15	0	0
	<b>Total Yeste</b>	<b>3807</b>	<b>951</b>	<b>249710</b>
<b>TOTAL</b>		<b>4792</b>	<b>1657</b>	<b>346185</b>

La extensión del Término Municipal de Molinicos es de 14.550 ha con 1.691 ha de cultivo, lo que representa un 12 % de su superficie, en parte fuera de esta Unidad y que puede tener cierto impacto en el acuífero Herrada (valles de los arroyos del Pardal, Oteros y Morote) y en menor medida, en el de Cujón. En cuanto al término Municipal de Yeste, los cultivos se encuentran diseminados en torno a sus núcleos de población en 4.758 ha, no todas en esta Unidad y que representa el 9 % de sus 50.900 ha de extensión total, afectando a los acuíferos de Tinjarra y Ardal.

### Actividad urbana

Residuos sólidos urbanos. En la actualidad, Molinicos genera unas 438 t/año que se depositan en el vertedero de Elche de la Sierra, fuera de la zona de estudio. Existe un vertedero clausurado a 1,5 km al sur del núcleo de Molinicos, en el acuífero Herrada y con una valoración de impacto potencial a las aguas subterráneas de baja a media. En el núcleo de Yeste, se generan alrededor de 1.000 t/año, que se depositan en un vertedero situado a 2 km al oeste del mismo, sobre el acuífero de Ardal, con una valoración de afección potencial de media a alta. En el resto de los núcleos, existen puntos de deposición de residuos que se tapan cuando se llenan, habilitándose otros. En verano, se recogen a lo largo de los puntos de las zonas visitadas cerca de los ríos y en el camping.

Residuos líquidos urbanos. No existe ningún tipo de depuración de las aguas residuales urbanas de Molinicos, por lo que se vierten directamente a los cauces produciendo en consecuencia, un impacto elevado-medio que se concentra en el arroyo Morote receptor de los núcleos de Molinicos y el Pardal y en el arroyo Escudero o de los Collados que canaliza los vertidos de Torre Pedro y los Collados, interesando al acuífero Herrada. En el núcleo de Yeste existe depuración mediante lagunaje y posterior vertido al arroyo del Infierno en una zona sin acuíferos con un volumen anual estimado en 75.000 m<sup>3</sup>, con un impacto medio-bajo. En el resto de los núcleos no existe depuración.

Se realizaron dos campañas, para determinar la evolución de nitratos en puntos situados en zonas de cultivo y ganadería pero en ninguno se detectaron más de 24 mg/l (233440012 del acuífero Herrada). Por otro lado, en la campaña flash realizada en junio de 1.996, se han detectado 3 puntos con contenidos algo superiores, pero que en ningún caso superaron el límite máximo admisible para las aguas potables, situado en 50 mg/l:

- 233430070, del acuífero Cujón con 35 mg/l. Se trata del sondeo de abastecimiento a la pedanía de los Collados. Es posible que esa cantidad venga dada por la pequeña zona de cultivo adyacente.

- 233440029, del acuífero Herrada con 32 mg/l. Manantial situado al S del Puerto del Pino en el extremo oriental de este acuífero. Como en el caso anterior, puede tener influencia de los cultivos adyacentes.
- 233470060, del acuífero Ardal con 31 mg/l. Manantial con cierto termalismo y aguas de origen profundo.

En los análisis realizados, se ha detectado que los límites de potabilidad han sido superados en los puntos que se expresan en el cuadro siguiente.

Punto	Fecha	DOO	Cl	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Conduct.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
2335-3-STA	4-11-97	14.8					
2335-5-SHA	3-11-97	15.6					
2334-6-0086	4-7-83		454	244			
2334-6-0087	11-6-96		450	271	57	2501	
2334-4-0012	5-6-97				56		
2334-7-0087	12-6-96				52		
2334-7-0060	13-6-96				58		
2335-2-0050	22-5-97				52		
2335-3-STA	17-4-97				62		
	23-7-97				56		
	4-11-97				55		
2335-1-0056	15-6-96				54		
2335-5-0067	15-6-96				53		
2334-4-SPA	15-4-97						0,28
2335-5-0063	21-7-97						0,15
2235-4-0017	17-7-97						0,17
2235-7-SCA	17-7-97						0,11
2234-8-0004	11-6-97						0,27

### Unidad Hidrogeológica 07.36 Calar del Mundo

#### Calidad natural de las aguas subterráneas.

Esta Unidad está constituida por un único acuífero del mismo nombre, constituido básicamente por la formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense y por calizas del Senoniense inferior. Se han considerado los resultados de 74 muestras de 32 puntos de los años 1.996 y 1.997, expresados en mg/l, excepto la conductividad que

figura en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH en unidades de pH (Tabla 8.1 del Anejo de Hidroquímica). Las facies hidroquímicas de esta Unidad son las siguientes.

FACIES	NÚMERO	PORCENTAJE
Bicarbonatada Cálcica	43	58,1
Bicarbonatada Magnésica	18	24,3
Bicarbonatada Cálcico-Magnésica	6	8,1
Bicarbonatada Magnésico-Cálcica	6	8,1
Bicarbonatada Sódica	1	1,4
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>	<b>100</b>

En el diagrama de Piper de la página siguiente, se observa una notable homogeneidad hidroquímica en los resultados analíticos de esta Unidad. Las facies se corresponden con el tipo bicarbonatado cálcico o bicarbonatado magnésico o términos intermedios en 73 muestras, mientras que una pertenece a la facies bicarbonatada sódica. Todas las muestras proceden de puntos situados en la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense y de las calizas del Senoniense inferior, incluida la muestra de facies bicarbonatada sódica procedente del punto 223480093.

La mineralización de las aguas es ligera en 63 muestras, notable en 9 y muy débil en 1. El valor de la conductividad oscila entre 198 y 878  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con una media de 378  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las mineralizaciones notables vienen dadas por contenidos algo elevados en  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y en menor medida, el  $\text{Cl}^-$  y pertenecen a 5 muestras de cauces en estiaje y 4 en posiciones marginales a la Unidad con influencia del Trías en una de ellas. La muestra de mineralización débil, corresponde a un punto con escaso tránsito sobre las formaciones.

Las correlaciones Conductividad- $\text{HCO}_3^-$  y Conductividad- $\text{SO}_4^-$  son muy parecidas, si bien al ser el anión  $\text{HCO}_3^-$  el más abundante, es también el que más condiciona la mineralización de las muestras (gráficos 8.1 y 8.2 del Anejo de Hidroquímica).

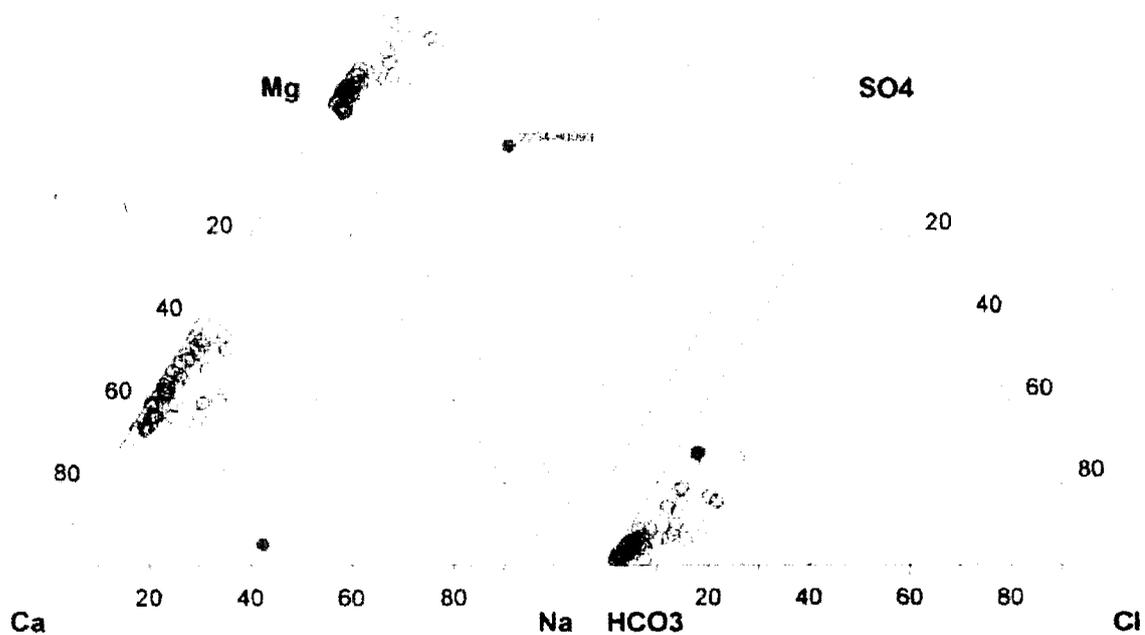


Diagrama de Piper de la Unidad Hidrogeológica 07.36 Calar del Mundo

Pese a que el catión  $Mg^{++}$  es menos abundante que el  $Ca^{++}$ , la correlación que establecen ambos con respecto al anión  $HCO_3^-$  es mayor en el primero que en el segundo (gráficos 8.3 y 8.4 del Anejo de Hidroquímica). Este hecho puede ser debido a la importancia de la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense. La relación  $Mg/Ca$  es superior a 0,3 superando la unidad en algún punto, lo que confirma la influencia de esta formación.

Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

Se ha realizado en el municipio de Riópar donde parte de la extensión del mismo, se encuentra fuera de la zona de estudio.

**Actividad industrial**

Esta actividad se localiza en el entorno del núcleo de Riópar con una fábrica de bronce, una fundición y una gasolinera, que utilizan la red de saneamiento. Los residuos metálicos de las fábricas se emplean como subproducto. En cuanto a los residuos sólidos convencionales, se llevan al vertedero, que está situado a unos dos kilómetros al norte de Riópar, fuera de la zona de estudio, en un borde del acuífero Gallinero-Mohedas, perteneciente a la Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo (07.04). La gasolinera de Riópar se sitúa sobre arcillas y yesos del Triás, fuera del Calar del Mundo, constituyendo una afección potencial muy baja.

**Actividad ganadera**

Se realiza de forma intensiva en algunas granjas dispersas y también de forma extensiva. La carga total es de 25413 kgN/año. En la Tabla siguiente, se expresa el desglose según los distintos tipos de ganado, en kgN/año.

Municipio	Bovino	Ovino	Caprino	Equino	Cunil	TOTAL	KgN/ha/año
Riópar	2057	17417	4412	965	562	25413	0,31

Se observa una carga muy baja de Nitrógeno, que por otro lado, tan sólo alcanza los 0,31kgN/año, por lo que la afección potencial es baja.

### Actividad agrícola

La agricultura está organizada en pequeñas propiedades con regadíos situados en las proximidades de Riópar, en el valle del Campo de la Cañada y en el río de la Vega, afluente del Mundo. A continuación se exponen las cantidades de abono en kgN/ha/año que se suministran a los diferentes cultivos.

CULTIVO	KgN/ha/año
Olivar	25
Cereales	50
Leguminosas	12
Tubérculos	50
Forrajeras	50
Hortalizas	60
Frutales	43
Viñedos	10

En la Tabla siguiente, se exponen los cultivos y la cantidad total de nitrógeno suministrado:

MUNICIPIO	CULTIVO	SECANO	REGADÍO	KgN/año
Riópar	Olivar	140	0	3500
	Cereales	120	34	7700
	Leguminosas	3	2	60
	Tubérculos	0	21	1050
	Forrajeras	0	220	11000
	Hortalizas	0	34	2040
	Frutales	47	110	4710
	Viñedos	40	0	400
<b>TOTAL</b>		<b>350</b>	<b>421</b>	<b>30460</b>

Puesto que la extensión de este municipio es de 81.800 ha y dado que existen 771 ha de cultivo, se deduce una superficie cultivada del 1 % de su extensión. Estos cultivos se sitúan fuera de los límites del acuífero del Calar del Mundo.

#### Actividad urbana

Residuos sólidos urbanos. No se conoce la producción total de estos residuos, aunque como ya se ha indicado, se depositan en un vertedero situado a unos dos kilómetros al norte de Riópar, fuera de la zona de estudio pero sobre el acuífero de Gallinero-Mohedas, en la vecina Unidad de los Pliegues Jurásicos del Mundo (07.04). La afección por tanto, es potencialmente alta.

Residuos líquidos urbanos. No existe ningún punto de depuración de las aguas residuales urbanas de Riópar, por lo que los vertidos se realizan en puntos próximos a los núcleos. En Riópar, el vertido se realiza en el arroyo de la Vega, por lo que la afección potencial a las aguas superficiales es alta. Aunque el acuífero del Calar del Mundo se quede fuera de esta posible influencia, a través del río Mundo, se podrían afectar tramos permeables de acuíferos situados aguas abajo en la Unidad ya citada de Pliegues Jurásicos del Mundo.

Se tomaron 3 muestras para determinar el grado de contaminación por nitratos, pero ninguna de ellas superó los 4 mg/l. En los puntos de la campaña flash de junio de 1.996, los puntos de contenido más alto fueron el 233460061 y 233460065, con 20 y 24 mg/l respectivamente y situados al este del Puntal de Moropeche, al sur de la Unidad.

En esta Unidad, los límites de potabilidad sólo se han superado en 4 puntos, en el ión magnesio, los tres primeros, y en el potasio, el último. Estos puntos son el 22348GRA (28-10-97), con 51 mg/l; el 233410112 (13-6-96), con 53 mg/l; el 233450071 (11-6-96), con 52 mg/l y el 223480093 (4-2-97), con 17 mg/l.

**Unidad Hidrogeológica 07.37 Anticlinal de Socovos**Calidad natural de las aguas subterráneas

Los acuíferos de esta Unidad están constituidos por la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense y en menor extensión por calizas del Paleoceno-Eoceno y del Mioceno. Se han considerado los resultados de 42 muestras de 36 puntos, recogidas entre 1.996 y 1.997, cuyos datos se expresan en mg/l, excepto la conductividad que figura en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH en unidades de pH (Tabla 9.1 del Anejo de Hidroquímica).

Existe gran variedad de facies hidroquímicas representadas en esta Unidad, si bien más de la mitad de sus muestras se corresponden con la facies bicarbonatada cálcica (diagrama de Piper de la página siguiente).

FACIES	NÚMERO	MUESTRA	PORCENTAJE
A a	25	varias	61
A a-b	6	varias	15
A b	2	2434-7-0047 y 2434-5-0025	5
B-A b-a	2	2535-5-0013 y 2535-6-0016	5
A b-a	1	2434-6-0036	2
A-B b-c	1	2535-5-0008	2
A-B a-b	1	2535-5-SMA	2
B a	1	2435-6-0075	2
B-C c	1	2535-5-0045	2
C-A a-c	1	2435-4-0015	2
C-B c-a	1	2435-4-0032	2
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	-	<b>100</b>

Las facies bicarbonatadas (excepto las bicarbonatadas-sulfatadas), se relacionan con las dolomías del Cenomaniense-Turoniense, así como con formaciones calcáreas del Terciario. Las facies sulfatadas (incluyendo las bicarbonatadas-sulfatadas), se

relacionan con la formación de margas con yesos del Mioceno medio. En cuanto a las dos muestras que representan facies cloruradas, proceden de dos puntos situados en la zona de la Falla de Socovos en las inmediaciones de Tazona (243540032 y 243540015), que deben indicar la inyección de material salino del Trías a través de la misma.

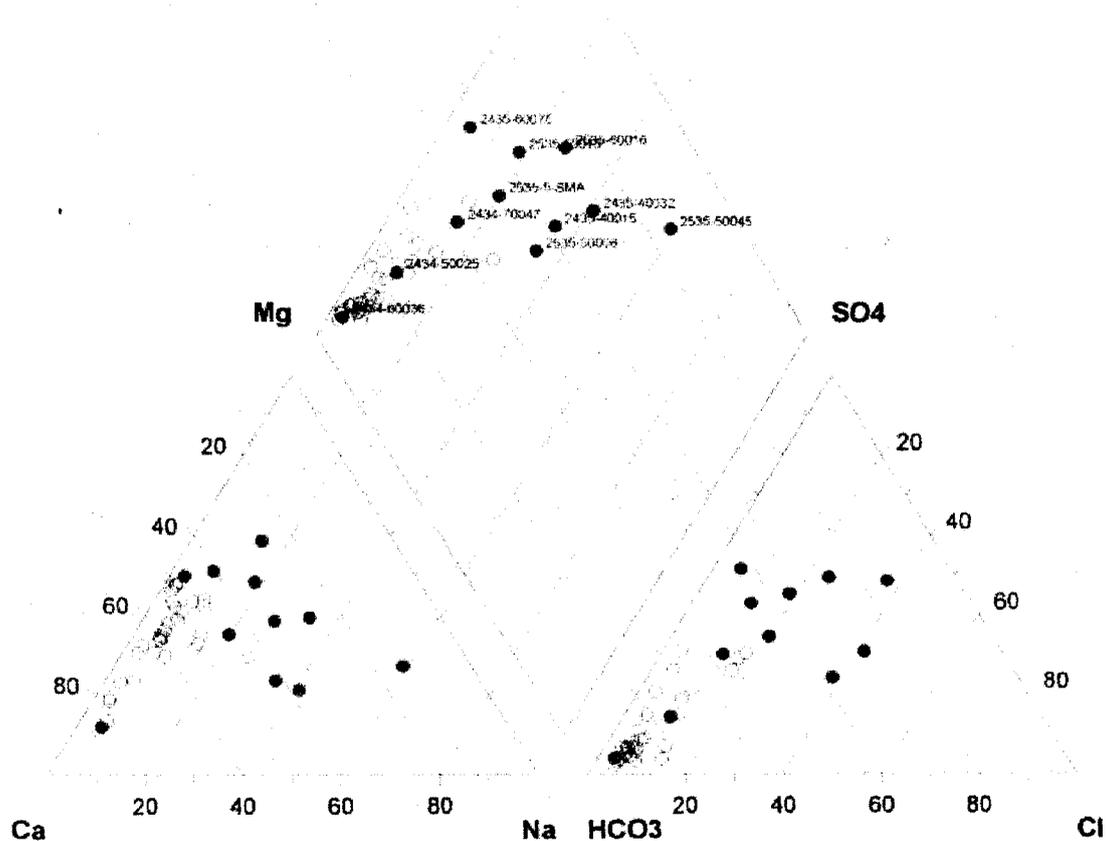


Diagrama de Piper de la Unidad Hidrogeológica 07.37 Anticlinal de Socovos

La mineralización de las aguas es ligera en 25 muestras, notable en 16 y fuerte en 1. El valor de la conductividad oscila entre 326 y 7.051  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un valor medio de 759  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los puntos con mineralización notable y fuerte incluyen los ya indicados de facies mixtas en asociación a margas con yeso del Mioceno medio y con inyecciones salinas del Trías.

Los gráficos de correlación Conductividad- $\text{HCO}_3^-$  y Conductividad- $\text{SO}_4^{=}$  (gráficos 9.1 y 9.2 del Anejo de Hidroquímica), indican que las muestras se pueden dividir en 3 grupos:

- Conductividad < 650  $\mu\text{S/cm}$ . La salinidad viene marcada por el ión  $\text{HCO}_3^-$  (28 muestras).
- 650  $\mu\text{S/cm}$  < Conductividad < 750  $\mu\text{S/cm}$ . La salinidad está influenciada tanto por el anión  $\text{HCO}_3^-$ , como por el  $\text{SO}_4^{=}$  (5 muestras).
- Conductividad > 750  $\mu\text{S/cm}$ . El anión que marca la salinidad es el  $\text{SO}_4^{=}$  (9 muestras).

Cabe indicar por último que en el punto 253550045, el de más alta salinidad con 7.051  $\mu\text{S/cm}$ , el anión  $\text{Cl}^-$  alcanza gran importancia ( 620 mg/l) con respecto al  $\text{SO}_4^{=}$  (1.100 mg/l).

En los gráficos de correlación del  $\text{HCO}_3^-$  con respecto al  $\text{Ca}^{=}$  y al  $\text{Mg}^{=}$  (gráficos 9.3 y 9.4 del Anejo de Hidroquímica), se indica que este anión condiciona el aumento de ambos cationes hasta los 350 mg/l, pero a partir de esa cantidad, es el anión  $\text{SO}_4^{=}$  e incluso el  $\text{Cl}^-$ , los que condicionan el aumento de estos cationes.

En definitiva, el aumento de salinidad y por tanto, la mayor presencia de los iones sulfato, cloruro, sodio y calcio, viene dado por la existencia de la formación margosa del Mioceno medio o por las sales del Trías, bien por circulación directa a través de estas formaciones y probablemente por aguas provenientes de las formaciones dolomítica y calcáreas que pasan a circular también por las primeras.

### Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

Se han estudiado los municipios de Letur, Férez, Socovos y Moratalla, teniendo en cuenta que algunas zonas de los mismos, se encuentran fuera de la zona de estudio.

#### Actividad industrial

Esta actividad se sitúa en los núcleos principales de población o en el entorno de ellos, destacando en primer lugar la existencia de almazaras y empresas de tratamiento de la aceituna (molturación y elaboración) en todos ellos, con un total de 14. El residuo sólido se deposita en balsas o directamente sobre el terreno para su secado y posterior reutilización como abono. Existe una quesería en Letur, que no genera residuos sólidos y por último, 1 industria cárnica, 1 conservera y 8 aserraderos cuyos residuos sólidos se depositan en el vertedero municipal. Los residuos líquidos se vierten en el alcantarillado.

Por último, hay que citar la ubicación de las gasolineras de la zona como focos puntuales potencialmente contaminantes, no tanto por los residuos que puedan generar sino por la ubicación de los depósitos de combustible y de sus posibles filtraciones:

- Letur. Situada a unos 1500 m al SO de la población, en la carretera de Nerpio, está enclavada en terrenos cuaternarios, con una afección potencial media.
- Socovos. Situada dentro del núcleo, sobre un cuaternario próximo a la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense. Afección potencial media-alta.
- Moratalla. Posee dos gasolineras. La primera se encuentra situada en las afueras del núcleo, en la carretera de Caravaca, sobre cuaternario de limos y Mioceno medio de margas. La segunda, se encuentra en la carretera Archivel-El Sabinar, a 2 km al sur del cruce de la carretera que se dirige a

Moratalla, donde al igual que la anterior, se sitúa sobre materiales limosos del cuaternario y margas del Mioceno medio. La afección potencial de ambas es baja.

#### Actividad ganadera

Se realiza de forma extensiva, aunque también de forma intensiva en granjas, sobre todo de porcino situadas cerca de los núcleos de población principales. A continuación se expresa la carga contaminante por municipios en kgN/ha/año.

Ganado	Letur	Férez	Socovos	Moratalla
Bovino	995	0	0	0
Ovino	21742	10627	24608	144062
Caprino	3007	197	1771	18413
Equino	1642	96	2090	3956
Porcino	4617	0	10692	5613
Aviar	0	0	0	5640
Cunil	1205	0	402	1073
TOTAL	33208	10920	39563	178757

La carga de nitrógeno por hectárea y año oscila entre 0,91 y 2,86, un tanto baja. De forma puntual, las granjas de porcino ofrecen un foco de contaminación relativamente importante.

#### Actividad agrícola

Los cultivos se desarrollan no sólo en el entorno de los núcleos principales, sino también en otras zonas más alejadas, tal y como ocurre en los núcleos de Letur y Moratalla. A continuación se exponen las cantidades de abono en kgN/ha/año que se suministran a los diferentes cultivos.

CULTIVO	Letur	Férez	Socovos	Moratalla
Olivar	45	45	85	88
Cereales	50	50	50	50
Leguminosas	-	-	-	-
Tubérculos	75	75	75	93
Industriales	50	-	-	-
Forrajeras	-	50	50	50
Hortalizas	80	95	75	77
Frutales	80	70	-	2
Viñedos	0	0	0	0

En las tablas siguientes, se exponen los cultivos y la cantidad total de nitrógeno suministrado:

MUNICIPIO	CULTIVO	SECANO	REGADÍO	KgN/año
LETUR	Olivar	200	123	14535
	Cereales	400	280	34000
	Tubérculos	-	90	6750
	Industriales	-	267	13350
	Hortalizas	-	110	8800
	Frutales	-	125	10000
	Viñedos	-	125	0
	<b>TOTAL</b>	<b>600</b>	<b>870</b>	<b>87435</b>

MUNICIPIO	CULTIVO	SECANO	REGADÍO	KgN/año
FÉREZ	Olivar	400	1200	117000
	Cereales	300	0	15000
	Tubérculos	0	25	1875
	Forrajeras	0	10	500
	Hortalizas	0	10	750
	Frutales	0	5	350
	Viñedos	70	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>770</b>	<b>2250</b>	<b>135475</b>

MUNICIPIO	CULTIVO	SECANO	REGADÍO	KgN/año
<b>SOCOVS</b>	Olivar	1000	110	94500
	Cereales	100	120	11000
	Tubérculos	0	90	6750
	Forrajeras	0	70	3500
	Hortalizas	0	130	9750
	Viñedos	70	20	0
	<b>TOTAL</b>	<b>1170</b>	<b>540</b>	<b>118750</b>

MUNICIPIO	CULTIVO	REGADÍO	KgN/año
<b>MORATALLA</b>	Olivar	427	37500
	Cereales	108	5400
	Tubérculos	81	7500
	Forrajeras	60	3000
	Hortalizas	117	9000
	Frutales	1674	3500
	Viñedos	12	0
	<b>TOTAL</b>	<b>2479</b>	<b>65900</b>

En relación con la superficie total de los municipios y las hectáreas cultivadas, se expone a continuación la siguiente Tabla:

MUNICIPIO	SUPERFICIE (ha)		%
	TÉRMINO MUNICIPAL	CULTIVOS	
<b>Letur</b>	26500	1470	5,5
<b>Férez</b>	12000	3020	25,2
<b>Socovos</b>	13820	1710	12,4
<b>Moratalla</b>	96000	2479	2,6
<b>TOTAL</b>	<b>148320</b>	<b>8679</b>	<b>5,9</b>

Como se observa, los porcentajes de ocupación de superficies de cultivo con respecto a la extensión total de los municipios es bastante baja. En cualquier caso, se debe citar que estos cultivos, aunque escasos, están situados sobre los acuíferos de Letur, Taibilla, Capilla y Somogil.

### Actividad urbana

Residuos sólidos urbanos. El vertedero de Letur se encuentra situado a 1 km al NO de la población sobre unos materiales margosos y arenosos de bajo impacto potencial para las aguas subterráneas. En La Dehesa (núcleo situado a unos 10 km al SO de Letur) se sitúa otro vertedero donde se depositan los residuos de esta pedanía, a 1 km al este de la misma. Este otro vertedero recibe poca cantidad de residuos, pero se encuentra enclavado sobre conglomerados pliocuaternarios del acuífero de Letur, por lo que cabe considerar una afección potencial media-alta.

El vertedero de Férez, situado a 1 km al NO de este núcleo, se encuentra sobre travertinos cuaternarios y margas arenosas del Mioceno. Aunque no parece que afecte al acuífero de Férez (por la presencia de las margas citadas), debe considerarse una valoración media-alta de afección potencial a las aguas subterráneas aunque sea de carácter local, debido a la presencia de travertinos. Se generan 766 t/año de residuos.

El vertedero de Socovos está situado a 1,5 km al oeste de la población, sobre conglomerados pliocuaternarios dispuestos sobre la formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense del acuífero de Férez. Por lo tanto, hay que considerar una afección potencial elevada para las aguas subterráneas. Se estima un vertido anual de 2300 toneladas a las que se añaden otras 600 debido a la población estacional.

El vertedero de Moratalla se encuentra a unos 7 km al SE de esta población, enclavado sobre margas del Mioceno inferior-medio, pero con un espesor presumiblemente pequeño sobre calcarenitas del Mioceno inferior pertenecientes al acuífero de Somogil. Teniendo en cuenta el importante volumen de residuos que se generan, en torno a las 9.000 t/año, se valora una afección potencial media-alta sobre las aguas subterráneas.

Residuos líquidos urbanos. En Letur no existe depuradora ni ningún otro medio de depuración, por lo que el vertido se realiza directamente al cauce del arroyo de Letur, junto a este núcleo. Este arroyo circula sobre terrenos permeables de la vecina Unidad 07.04 de los Pliegues Jurásicos del Mundo, por lo que la afección potencial se puede considerar como media-elevada.

En Férez se depuran las aguas residuales por el sistema del lagunaje. Esta depuración se realiza en una zona a 1,5 km al NE de la población, en la vecina Unidad 07.04 de Pliegues Jurásicos del Mundo, sobre margas arenosas del Mioceno superior de un espesor probablemente reducido, bajo las que se sitúan materiales permeables del Jurásico superior del acuífero Bermeja. La afección potencial se puede considerar como media-alta, con un volumen estimado de unos 95.000 m<sup>3</sup>/año.

En Socovos existen dos depuradoras, una junto a este núcleo y otra en las pedanías de los Olmos y Tazona. Ninguna de las dos funciona por lo que el vertido se canaliza a los cauces más próximos. En el caso de Socovos, parte del vertido se deriva para riego y el resto acaba en el arroyo de Benizar cuyo curso, fuera ya de esta Unidad, atraviesa formaciones permeables de la Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo a unos 8 km aguas abajo, en el acuífero de Almírez. La afección potencial a las aguas subterráneas se puede catalogar de media. En cuanto a la zona de los Olmos-Tazona el vertido se canaliza por el arroyo del Chopillo, también fuera de esta Unidad, hacia zonas marginales del acuífero de Algaidón, situadas a unos 4 km. La afección potencial también se puede catalogar como media. El volumen total de vertido se sitúa en torno a los 185.000 m<sup>3</sup>/año.

En Moratalla existe una depuradora en funcionamiento, que recibe unos 500.000 m<sup>3</sup>/a, situada a unos 3 km al NE de esta población. El volumen depurado se vierte al río Benamor. La afección potencial a las aguas subterráneas se considera insignificante debido a la depuración y a la práctica ausencia de afloramientos permeables, que se reducen a un corto recorrido de este río sobre unas calcarenitas subaflorantes del

Mioceno superior del acuífero Somogil, a unos 3 km aguas abajo. En el resto de los núcleos de Moratalla, el vertido se realiza sobre los cauces próximos.

En cuanto al contenido en nitratos de las aguas de esta Unidad, tomando como referencia las campañas realizadas en mayo y noviembre de 1.997, superaron los 25 mg/l los siguientes puntos:

- 253550008 del acuífero Somogil, con 36 mg/l. Manantial probablemente influenciado por cultivos próximos.
- 253550013 del mismo acuífero anterior, con 34 mg/l. Manantial también con probable influencia de cultivos.
- 243450025 del acuífero Letur, con 25 mg/l. Manantial influenciado por los cultivos cercanos a la población de Letur.

Sin embargo, en la campaña flash de junio de 1.996, se detectaron otros puntos con cantidades de nitratos superiores a los 25 mg/l:

- 253550045 del acuífero Somogil, con 112 mg/l. Manantial influenciado por cultivos y con alta conductividad (7.051  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- 243560041 del acuífero Capilla, con 30 mg/l. Manantial influenciado por cultivos.
- 243550001 del acuífero Capilla, con 29 mg/l. Manantial influenciado por cultivos.
- 243560098 del acuífero Taibilla, con 25 mg/l. Manantial influenciado por cultivos.

En general, el contenido en nitratos no es alto si se exceptúa el 253550045. Los límites de potabilidad han sido superados en los puntos y parámetros que se exponen en el siguiente cuadro:

Punto	Fecha	DQO	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cond.
2535-5-0045	19-6-96	5,7	620	1100	112	655	160	7051
2435-4-0032	19-6-96		254	256		170		
2435-6-0075	4-11-97			363				
2535-5-0008	6-11-97			308			71	
2535-5-0013	5-11-97			392			105	
2535-6-0016	5-11-97			554			108	
2434-7-0047							105	

### Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuentsanta

#### Calidad natural de las aguas subterráneas

Esta Unidad está constituida por varios acuíferos donde la formación permeable principal es la de dolomías del Cenomaniense-Turonense. De forma más restringida, aparecen también formaciones del Terciario como es el caso de calizas del Paleoceno-Eoceno y del Mioceno. Se han considerado los resultados de 103 muestras de 69 puntos de los años 1.996 y 1.997 excepto 4, que pertenecen a los años 1.967, 1.971, 1.989 y 1.990. Los datos están expresados en mg/l, excepto la conductividad que figura en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el pH en unidades de pH (tablas de 10.1 a 10.9 del Anejo de Hidroquímica). Las facies hidroquímicas de esta Unidad son las siguientes:

FACIES	NÚMERO	MUESTRA	PORCENTAJE
A a	85	-	83
A b	9	-	9
A a-b	3	-	3
A b-a	3	-	3
B-A a	2	Las dos del 2336-3-STB	2
B a	1	2336-3-STB	1
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	-	<b>100</b>

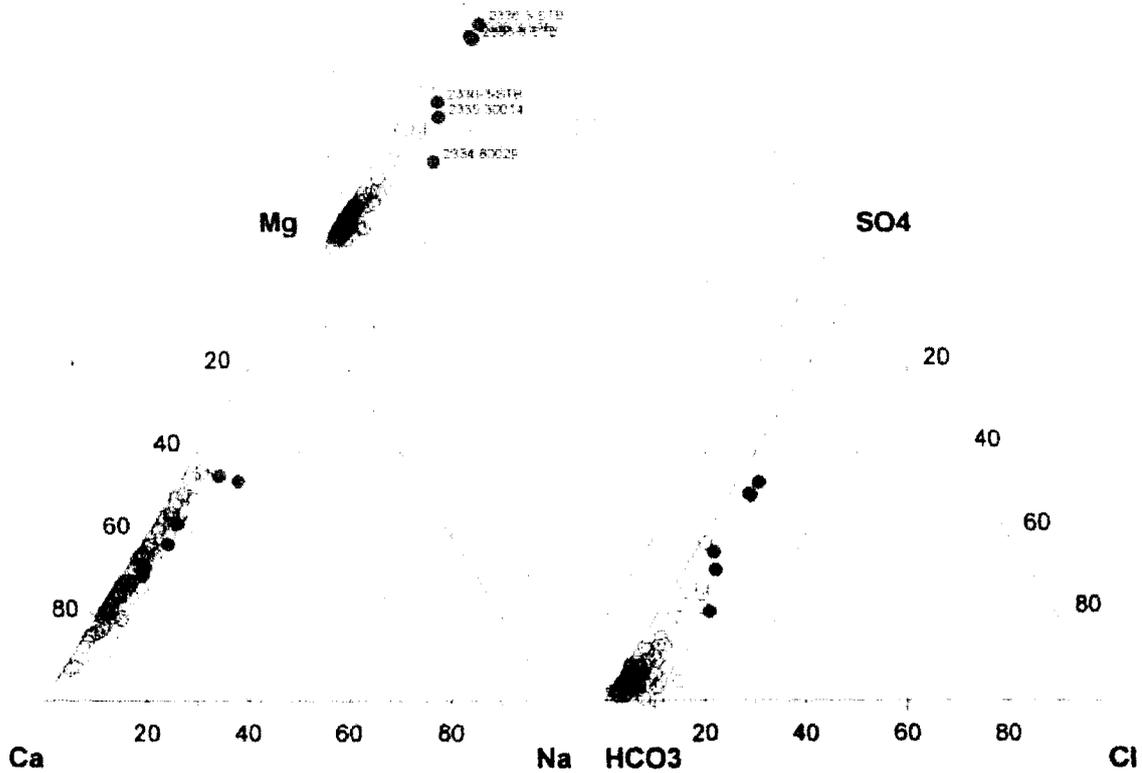


Diagrama de Piper de la Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuensanta

Se observa una gran homogeneidad hidroquímica, puesto que el 97 % de las muestras son de tipo bicarbonatado cálcico, magnésico o intermedio, en asociación a las formaciones calcáreas y dolomíticas del Cretácico superior y Terciario. Tan sólo 3 muestras pertenecientes a un mismo punto, el 23363STB (río Taibilla-Nerpio-W), sección de aforo que recibe los aportes del acuífero Pincorto. Dos muestras pertenecen a la facies sulfatada-bicarbonatada cálcica y una a la sulfatada cálcica, debido al lavado de afloramientos del Trías, situados en la cuenca de recepción de este punto del río Taibilla.

La mineralización de las aguas es ligera en 82 muestras y notable en 21. El valor de la conductividad oscila entre 242 y 770  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un valor medio de 399  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los gráficos de correlación Conductividad- $\text{HCO}_3^-$  y Conductividad- $\text{SO}_4^-$  (gráficos 10.1 y 10.2 del Anejo de Hidroquímica), muestran las siguientes características:

La gran mayoría de las muestras de esta Unidad poseen una estrecha correlación entre la conductividad con el anión bicarbonato, como cabría esperar de un área con formaciones carbonatadas, sin embargo existe una serie de puntos cuya correlación con respecto a la conductividad está relacionada con el anión sulfato, acompañado en ocasiones, de importantes contenidos en el anión cloro como componente secundario.

Son tres los puntos con clara influencia del anión sulfato y con conductividades superiores a 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el 23363STB con 4 muestras, el 233530014 y el 233480029 (Gráfico 10.5 del Anejo de Hidroquímica); los dos últimos con contenidos importantes en cloro. El primer punto es la sección de aforo del río Taibilla-Nerpio-W, que recoge los aportes del acuífero Pincorto, donde existen afloramientos superficiales del Triás que aportan los iones sulfato, calcio, magnesio y en menor medida, el cloro. Se observa una evolución estacional donde los caudales de estiaje ofrecen mayor salinidad y contenido en sulfatos junto con menor proporción de bicarbonatos, mientras que los de aguas altas ofrecen contenidos totalmente inversos. El segundo punto es un manantial que pertenece al acuífero de Gontar (la Graya), con un contenido alto en sulfato y en menor medida, cloro, así como también altos contenidos en los cationes calcio, magnesio y algo de sodio. Es posible que este punto reciba aportes de las formaciones permeables del Cretácico inferior, situadas próximas a la superficie. El tercer punto es otro manantial que está situado junto a las casas del Pino, en el acuífero de Humoso-Juan Quílez, con contenidos importantes en sodio y magnesio y en menor medida, cloro y cuya influencia puede venir dada por la formación de margas del Mioceno medio-superior.

Existen otras 7 muestras con influencia conjunta entre los aniones bicarbonato y sulfato con respecto a la conductividad y relacionados con materiales margosos y

carbonatados del Mioceno y Cretácico, pertenecientes a los siguientes acuíferos (Gráfico 10.6 del Anejo de Hidroquímica):

- Pincorto. Margas y calizas del Mioceno. 233620004
- Loma del Sapillo. Margas y calizas del Mioceno. 233630005 (2 muestras).
- Gontar. Margas y calizas del Mioceno. 233570010.
- Humoso-Juan Quílez. Margas y calizas del Mioceno y Cretácico superior. 233480023
- El Berral. Margas y calizas del Cretácico superior. 233530052
- Pilillas-Palancas. Margas y calizas del Mioceno. 23355SMA

Por último, existen dos puntos donde el anión cloro ofrece una proporción importante: el 233580010 con 67 mg/l, del acuífero Loma del Sapillo y relacionado con calizas y margas del Oligoceno-Mioceno inferior, así como el 233650011 con 35 mg/l, del acuífero Guillimona, relacionado con calizas del Eoceno (Gráfico 10.7 del Anejo de Hidroquímica). Entre los cationes mayoritarios, destaca el  $\text{Ca}^{2+}$  sobre el  $\text{Mg}^{2+}$  en su relación con el anión  $\text{HCO}_3^-$ . En contraste, es el  $\text{Mg}^{2+}$  el que ofrece mejor correlación, indicando con ello una relación más estrecha por la importancia de la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense (gráficos 10.3 y 10.4).

#### Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

Se han estudiado los municipios de Nerpio y Santiago-Pontones, donde si bien sus correspondientes términos municipales abarcan otras unidades, incluso fuera de la zona de estudio, los núcleos principales se encuentran dentro de esta Unidad.

### Actividad industrial

Se tiene constancia de dos gasolineras, situadas respectivamente junto a cada núcleo principal de población. No producen residuos sólidos o líquidos significativos, aunque existe un riesgo potencial de contaminación por filtraciones de los depósitos de combustible. La gasolinera de Nerpio se sitúa sobre margas del Cretácico inferior, mientras que la de Santiago de la Espada se ubica en margas y arenas del Mioceno. En ambos casos, estos materiales son de escaso interés hidrogeológico, por lo que la afección potencial a las aguas subterráneas se considera como insignificante.

### Actividad ganadera

Esta actividad se desarrolla de forma extensiva o en granjas pequeñas en régimen estabulado o semiestabulado. El ganado ovino es el más abundante en esta zona, situándose en segundo lugar y a bastante distancia, el caprino. En la Tabla siguiente se expresa la carga contaminante total en kgN/año.

Municipio	Bovino	Ovino	Caprino	Equino	TOTAL	KgN/ha/año
Nerpio	4522	88962	20664	12864	127012	2,91
Santiago-P.	5110	332150	14235	0	351495	5,15

Se observa una carga de nitrógeno por hectárea y año (kgN/ha/año) relativamente baja en ambos municipios. La posible afección potencial se puede considerar de baja a insignificante.

## Actividad agrícola

Los cultivos más importantes se han establecido junto a los núcleos de población y los cauces. A continuación se exponen las cantidades de abono en kgN/ha/año que se suministran a los diferentes cultivos.

CULTIVO	Nerpio	Santiago-Pontones
Olivar	321	235
Cereales	6	73
Leguminosas	87	30
Tubérculos	192	150
Forrajeras	-	30
Hortalizas	-	125
Frutales	16	144
Viñedos	0	-

En la Tabla siguiente, se expone la superficie de los cultivos en ha y la cantidad total de nitrógeno suministrado.

MUNICIPIO	CULTIVO	SECANO	REGADÍO	Kg/N/año
Nerpio	Olivar	36	50	27630
	Cereales	1600	330	11680
	Leguminosas	100	35	11680
	Tubérculos	15	250	51000
	Frutales	63	135	3200
	Viñedos	6	0	0
	<b>Total Nerpio</b>	<b>1820</b>	<b>800</b>	<b>105190</b>
	Santiago-Pontones	Olivar	1450	140
Cereales		1894	570	180000
Leguminosas		122	70	5760
Tubérculos		0	370	55500
Forrajeras		0	460	13800
Hortalizas		0	148	18500
Frutales		160	10	24500
<b>Total Sant.-Po.</b>		<b>3626</b>	<b>1768</b>	<b>672260</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5446</b>	<b>2568</b>	<b>777450</b>	

La extensión del Término Municipal de Nerpio es de 43.700 ha con 2.620 ha de cultivo, lo que representa un 6 % de su superficie. La afección potencial sobre las aguas subterráneas se puede considerar como baja.

El Municipio de Santiago-Pontones posee una extensión de 68.214 ha de las cuales se cultivan 5.394 ha y por tanto, el 8 % de la superficie total. La afección potencial sobre las aguas subterráneas se puede considerar como insignificante.

#### Actividad urbana

Residuos sólidos urbanos. El vertedero municipal de Nerpio se encuentra situado a unos 6 km al NO de la población, enclavado en una cantera sobre la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense del acuífero Loma del Sapillo. La afección potencial a las aguas subterráneas es por tanto, elevada.

En el municipio de Santiago-Pontones, existe un vertedero clausurado en la Cortijada de las Cuevas, a unos 3 km al sur de Santiago de la Espada y ubicado en calizas bioclásticas y de algas, del Mioceno inferior-medio, en conexión con la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense del acuífero Huebras. La afección potencial a las aguas subterráneas es media. Existen pequeños vertederos de escasa importancia, en núcleos aislados de población como es el caso de El Artuñedo, situado a unos 3,5 km al oeste de Pontones, o en el Patronato, a 15 km al SO de Santiago de la Espada. Estos vertederos se sitúan sobre la formación dolomítica del Cenomaniense-Turonense del acuífero Palomas, aunque debido a su pequeño tamaño se puede considerar una afección potencial a las aguas subterráneas media-baja.

Existe una planta de transferencia de residuos sólidos urbanos en la carretera de Cazorla a Santo Tomé, a unos 7,5 km de Cazorla, donde se reciben todos los residuos urbanos del conjunto de municipios de Sierra de Cazorla.

Residuos líquidos urbanos. En el núcleo de Nerpio existe una depuradora en funcionamiento, que vierte sobre el río Taibilla. En las pedanías situadas aguas arriba, la depuración se realiza mediante lagunaje. En ambos casos, la afección potencial a las aguas subterráneas se puede considerar baja, siendo los acuíferos afectados, Loma del Sapillo y Pincorto.

En el municipio de Santiago-Pontones no existen depuradoras por lo que las aguas residuales se vierten directamente a los cauces. En Santiago de la Espada se están construyendo dos depuradoras que servirán para regar olivos. Tan sólo se han establecido sistemas de depuración en puntos concretos. Así, en Pontones existe un decantador y en la vecina Unidad de Cazorla, existen dos lechos de turba y un punto de fangos activados, todos ellos junto al río Guadalquivir, en Coto-Ríos, Llanos de Arance y Fuente de la Pascuala. Se han detectado 8 fosas sépticas de las cuales 4 se encuentran en esta Unidad y las demás junto al río Guadalquivir en la Unidad de Cazorla. Dentro de las reconocidas en esta Unidad, 3 se encuentran a unos 2-3 km al SO de Santiago de la Espada en margas del Mioceno medio-superior y la cuarta en Montalvo, a 4 km al NO de Pontones, sobre calizas margosas del Cretácico inferior. En todos los casos se puede considerar como insignificante la afección potencial a las aguas subterráneas.

En cuanto al contenido en nitratos, ningún punto superó los 25 mg/l, ni en las campañas que se realizaron para este fin ni tampoco en la campaña flash. El único punto que se acercó a esa cifra fue el manantial 233480025 con 24 mg/l, del acuífero Humoso-Juan Quílez y situado junto a la pedanía de Juan Quílez, con posible influencia de cultivos.

Los límites de potabilidad sólo se han superado en 4 puntos y únicamente en el ión magnesio. Dichos puntos son el 233480029 (3-6-97), con 66 mg/l; el 233530014 (22-5-97), con 77 mg/l; el 233570010 (14-6-96), con 55 mg/l y el 233580010 (17-6-96), con 52 mg/l.

### 6.3.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones

Esta parte del estudio, se ha realizado con las encuestas de explotación realizadas en 10 municipios, a partir de los datos proporcionados por ayuntamientos y oficinas de extensión agraria. De esta forma se ha elaborado un esquema de usos con datos de 1.996.

La característica principal de esta zona de montaña es la dispersión de una población escasa en pequeños núcleos, lo que dificulta una cuantificación exhaustiva de los usos y demandas tanto para el abastecimiento como para el regadío, así como la escasa implantación de redes de distribución generales que apenas poseen registros o control de consumos.

Las dotaciones de cultivo que se exponen en este apartado, deben entenderse como demandas teóricas para la agricultura. Estas demandas son mayores en la parte oriental de la Zona de Estudio debido a la menor pluviometría, disminuyendo progresivamente hacia el oeste al aumentar la misma. En general, las demandas reales deben diferenciarse poco de las teóricas al existir excedentes suficientes. No obstante se producen casos de déficits puntuales debido a que el suministro se realiza en un porcentaje muy alto a partir de manantiales, que permiten escaso poder de regulación y disponibilidad.

Las demandas reales para el abastecimiento se han obtenido a partir de los municipios con contadores que indican un volumen exacto facturado. Estas dotaciones han oscilado entre los 102 l/hab/día de Molinicos y Yeste y los 299 l/hab/día de Férez. Al igual que en el caso de las demandas para la agricultura, las necesidades de abastecimiento están suficientemente cubiertas salvo pequeños problemas de déficits puntuales derivados de las escasas prestaciones de disponibilidad de algunos manantiales en demandas punta, sobre todo en pedanías aisladas no incluidas en las redes municipales.

Se ha realizado un desglose por unidades hidrogeológicas, aunque no coincidan exactamente con las encuestas por términos municipales. Los municipios estudiados son los siguientes:

- Riopar
- Molinicos
- Villaverde de Guadalimar
- Siles
- Yeste
- Letur
- Férez
- Socovos
- Moratalla
- Nerpio

#### **Unidad Hidrogeológica 07.14 Segura-Madera-Tus**

En esta Unidad se incluyen los municipios de Molinicos y Yeste. Se caracterizan por poseer un suministro proveniente casi exclusivamente de manantiales y por tener población dispersa residente en pedanías alejadas del núcleo principal. La agricultura se concentra en zonas puntuales próximas a los núcleos de población.

Uso urbano. En Molinicos, la población total abastecida es de 1.500 hab, que pueden aumentar hasta 4.000 en verano. El consumo estimado en todo el municipio se estima en 56.000 m<sup>3</sup>/a, lo que implica una dotación de 102 l/hab/día. El agua procede de manantiales próximos, como es el caso del 233440036 que abastece a Molinicos junto con el sondeo 233440087. En la pedanía de Las Hoyas el abastecimiento se realiza a partir del manantial 233440037 y el sondeo 233430080. En cuanto a la pedanía de los Collados, el abastecimiento se realiza a través del sondeo 233430081. Los dos primeros pertenecen al acuífero Herrada, mientras que los tres restantes son del acuífero Cujón.

En Yeste y las pedanías de Raspilla, Carrasca de Arriba y Boche, el principal punto de suministro proviene del conjunto de manantiales de Arroyo Bravo y Arroyo Frio, próximos entre sí (223420015, 16, 17 y 18) y situados en la parte oriental del acuífero Calar del Mundo, fuera por tanto de esta Unidad. Las pedanías que se abastecen de manantiales de esta Unidad son Jartos, Collado Tornero, Arguellite, Alcantarilla y Parolís, con un volumen estimado de 1.500 m<sup>3</sup>/a e interesando a los acuíferos de Ardal, y Calar de la Sima. El resto se abastece a partir de la Unidad de Fuente Segura-Fuensanta.

En el resto de los municipios, el abastecimiento es muy escaso, reduciéndose a pedanías de escasa entidad donde se pueden citar Prado de Juan Ruiz y Las Juntas del Término Municipal de Segura de la Sierra y Peguera del Madroño y las Gorgollitas del Municipio de Santiago-Pontones, a partir de los acuíferos Moro-Balasma, Calar de la Sima y Calar de Cobos.

Uso industrial. Incluido dentro del volumen de abastecimiento urbano por estar conectado a la red, se estima en 1.900 m<sup>3</sup>/a en Molinicos. En el núcleo de Yeste, se especificará en el apartado dedicado a la Unidad del Calar del Mundo.

Uso agrícola. En el Municipio de Molinicos hay 631 ha dedicadas al regadío de las cuales tan sólo 113 se riegan con aguas procedentes de esta Unidad en dos zonas principalmente: Arroyo Oteros, aguas abajo de Molinicos con 75 ha y la zona de El Pardal con 38 ha. El consumo total de 800.000 m<sup>3</sup>/a, aproximadamente. El resto, 518 ha, se surten de acuíferos de la Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo con 3.475.000 m<sup>3</sup>/a.

En el municipio de Yeste, existen 1.050 ha de regadío con recursos provenientes de cuatro unidades hidrogeológicas, cuyo desglose es el siguiente:

- U.H. 07.14. Segura-Madera-Tus. 415 ha
- U.H. 07.36. Calar del Mundo. 265 ha

- U.H. 07.37. Anticlinal de Socovos 100 ha
- U.H. 07.07. Fuente Segura-Fuensanta 270 ha

El consumo total en la Unidad de Segura-Madera-Tus se estima en 1.750.000 m<sup>3</sup>/a, en las zonas de riego del núcleo de Yeste, de Jartos y de la ribera del río Tus en Llano de la Torre y Morote. Las dotaciones de cultivos en ambos municipios se expresan en el cuadro siguiente, en m<sup>3</sup>/ha/a:

CULTIVO	MOLINICOS	YESTE
Cereales	1.200	3.500
Olivar	2.500	2.500
Maiz	5.500	-
Patatas	3.500	-
Hortalizas	7.000	5.500
Frutales	-	3.000
Otros	6.000	-

En el siguiente cuadro se expone un resumen de los usos del agua en esta Unidad, expresado en m<sup>3</sup>/a:

MUNICIPIO	ABAST. + INDUSTRI.	REGADÍO	TOTAL
Molinicos	56.000	800.000	856.000
Yeste	1.500	1.750.000	1.751.500
<b>TOTAL</b>	<b>57500</b>	<b>2.550.000</b>	<b>2.607.500</b>

### Unidad Hidrogeológica 07.36 Calar del Mundo

En esta Unidad se incluyen los municipios de Yeste, Riopar, Villaverde de Guadalimar y Siles. La procedencia es exclusivamente a partir de manantiales y como ocurre en toda esta región, los núcleos de población y las zonas de riego se encuentran muy dispersas.

Uso urbano. Como ya se ha indicado en la Unidad anterior, el abastecimiento de Yeste y sus pedanías de Raspilla, Carrasca de Arriba y Boche; se abastecen del conjunto de manantiales de Arroyo Bravo y Arroyo Frío, próximos entre sí y situados en la parte oriental (233420015, 16, 17 y 18). La población abastecida es de unos 2.000 hab que estacionalmente pueden aumentar hasta 7.000. El consumo se cifra en 74.700 m<sup>3</sup>/a del que se deduce una dotación de 102 l/hab/día

En Riopar el abastecimiento se realiza a partir de manantiales situados en la Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo, en un volumen de 80.000 m<sup>3</sup>/año, para una población de 1438 habitantes (estacional de unos 5.000). La dotación es por tanto, de 152 l/hab/día.

En Villaverde de Guadalimar, existen dos núcleos de población importantes; el primero, de mismo nombre con 335 hab. y el segundo, la pedanía de Cotillas, con 235 hab. El consumo anual se cifra en 30.000 m<sup>3</sup>/año, de los cuales 18.000 corresponden al núcleo de Villaverde de Guadalimar (60 %) y 12.000, al núcleo de Cotillas (40 %). La dotación es por tanto, de unos 150 l/hab/día. La población estacional conjunta, puede alcanzar los 1.500 hab. Por último, el volumen de abastecimiento del núcleo de

Villaverde de Guadalimar, procede de manantiales de la Unidad 05.01 de Cazorla, mientras que los que abastecen a Cotillas proceden de la Unidad del Calar del Mundo: Fuente de la Canaleja (2334-1-0019), Fuente de la Fuenfría y Fuente de Arroyo Frío (2334-5-0058).

En Siles, el abastecimiento se realiza a partir de dos manantiales que drenan el Calar del Mundo: la fuente de Era Concejo (2234-8-0014) y la Fuente Almoteja (2234-8-0032). Se tiene previsto la apertura de dos sondeos en el futuro. El volumen total facturado asciende a 134.575 m<sup>3</sup>/año para una población de 2.871 hab. (estacional de 5.500), por lo que la dotación resultante es de 128 l/hab/día.

Uso industrial. Aprovechando la red de abastecimiento municipal, en Yeste se consumen 250 m<sup>3</sup>/año en una fábrica de molturación de aceituna. En Villaverde de Guadalimar existe una almazara que consume unos 20 m<sup>3</sup>/año provenientes de la Unidad de Cazorla. Por último, en Siles se consumen 3486 m<sup>3</sup>/año destinados a dos almazaras y dos serrerías.

Uso agrícola. En el Municipio de Yeste se riegan unas 265 ha en el área de Moropeche, Hoya de la Parrilla y Vado de Tus, con un volumen de unos 1.100.000 m<sup>3</sup>/año. En el Municipio de Riopar hay 468 ha de regadío de las que unas 80 se riegan con aguas provenientes del Calar del Mundo. El resto se desdobra en unas 150 ha con aguas provenientes de la Unidad de Cazorla y 238 ha con recursos de la Unidad de Pliegues Jurásicos del Mundo. El consumo total se estima en 830.000 m<sup>3</sup>/año (con una dotación media de 1770 m<sup>3</sup>/ha/año), de los que respectivamente, 142.000 proceden del Calar del Mundo, 266.000 de la Unidad de Cazorla y 422.000 de La Unidad de los Pliegues Jurásicos del Mundo.

En el Municipio de Villaverde de Guadalimar se contabilizan 443 ha de riego de las cuales unas 200 reciben recursos procedentes de manantiales del Calar del Mundo, con un volumen aproximado de 520.000 m<sup>3</sup>/año. Las restantes 243 ha reciben 629.000 m<sup>3</sup>/año de la Unidad de Cazorla. En el Municipio de Siles hay un total de 520 ha de regadío, de las cuales 392 se surten de manantiales y cursos de agua provenientes del Calar del Mundo y 128 a partir de la Unidad de Cazorla. Los volúmenes destinados son 2.540.000 y 829.000 m<sup>3</sup>/año, respectivamente. Las dotaciones empleadas en estos municipios son muy variables, tal y como se expresa en el cuadro siguiente.

CULTIVO	Yeste	Riopar	Villaverde de Guadalimar	Siles
Cereales	3.500	1.000	1.500	-
Hortalizas	5.500	1.500	2.000	4.500
Frutales	3.000	2.200	-	-
Olivar	2.500	-	2.000	2.000
Leguminosas	-	4.000	-	-
Patatas	-	1.000	-	-
Forrajeras	-	1.500	-	9.000
Maiz	-	-	5.000	-
Varios	-	3.000	3.000	6.000

En el siguiente cuadro se expone un resumen de los usos del agua en esta Unidad, expresado en m<sup>3</sup>/año.

MUNICIPIO	ABAST. + INDUSTR.	REGADÍO	TOTAL
Yeste	74.700	1.100.000	1.174.700
Riopar	-	142.000	142.000
Villaverde de Guad.	12.000	520.000	532.000
Siles	134.575	2.540.000	2.674.575
<b>TOTAL</b>	<b>221.275</b>	<b>4.302.000</b>	<b>4.523.275</b>

#### Unidad Hidrogeológica 07.37 Anticlinal de Socovos

Esta Unidad está ocupada en gran parte por el Término Municipal de Moratalla, sin embargo hay otros municipios que también se surten de sus recursos y que son los siguientes: Yeste, Letur, Férez y Socovos. Existen numerosos manantiales, pero también abundan los sondeos, al menos en su parte oriental. La población y por tanto, las zonas de riego, se encuentran dispersas por toda la Unidad.

Uso urbano. El abastecimiento del núcleo de Moratalla se surte de manantiales y de las aportaciones de la Mancomunidad del Canal de Taibilla. En las pedanías, el abastecimiento se realiza a partir de manantiales próximos. Así pues, la población de

Moratalla recibió 430.000 m<sup>3</sup>/año, de los cuales un 64 % fue a partir de manantiales (275.000 m<sup>3</sup>/año) y el 36 % restante procedió del Canal de Taibilla (155.000 m<sup>3</sup>/año). En las pedanías, se consumieron 150.000 m<sup>3</sup>/año, por lo que los recursos provenientes de esta Unidad se elevaron a 425.000 m<sup>3</sup>/año. La población abastecida fue de unos 9000 hab. en todo el Municipio (4276 en el núcleo principal), que recibieron 580.000 m<sup>3</sup>/año, (430.000 m<sup>3</sup>/año) por lo que la dotación resultante fue de 176 l/hab/día (275 l/hab/día).

En Letur el abastecimiento se realiza a partir de 3 manantiales; la Fuentes de Letur (2434-6-0013), que abastecen al núcleo principal; la fuente de la Abejuela (2434-6-0016), que abastece a la pedanía de mismo nombre y por último, la fuente de la Dehesa (2434-5-0017), perteneciente al acuífero Humoso-Juan Quílez de la Unidad de Fuente Segura-Fuensanta y que abastece a la pedanía también llamada de la Dehesa. La población es de 1426 hab. con una población estacional de unos 5.000. El Ayuntamiento no posee datos de consumos, pero se puede estimar en unos 200.000 m<sup>3</sup>/año, equivalentes a una dotación de 140 l/hab/día.

En Férez, el abastecimiento se realiza a partir de la fuente de mismo nombre, 2434-7-0017, a partes iguales con respecto a un sondeo próximo (2434-6-0033). También recibe un 5 % del volumen consumido, a partir de la Mancomunidad de Canales del Taibilla, cuyo canal pasa cerca de la población. La cantidad consumida fue de 94.900 m<sup>3</sup>/año (90.000 provenientes del manantial y el sondeo y 4.900 del Canal de Taibilla), con destino a una población de 869 hab. (estacional de 3.350), por lo que su dotación resultante fue de 299 l/hab/día.

El abastecimiento a Socovos se realiza en un 85 %, a partir de la Mancomunidad de Canales del Taibilla. El resto se extrae de un pequeño pozo situado dentro de la población (2435-3-0006) y de un sondeo (2435-4-0003) situado fuera de esta Unidad, en la Cañada Buendía. El volumen facturado fue de 185.366 m<sup>3</sup>/año para una población de 2.086 hab. (estacional de 4.500), equivalente a una dotación de 243 l/hab/día. Se puede estimar que el 5 % del volumen consumido procede del pozo citado, perteneciente a esta Unidad y cuya cantidad se valora en unos 9.000 m<sup>3</sup>/año

Uso industrial. Todas las industrias se encuentran conectadas a las redes municipales. Así, en Moratalla existen 8 aserradoras, 3 almazaras, 1 industria cárnica y 1 conservera, con un consumo de 36.437 m<sup>3</sup>/año. En Letur existen 6 almazaras, 2 granjas de cerdos y 1 quesería ecológica, con un consumo de unos 5.000 m<sup>3</sup>/año.

En Férez hay dos fábricas de molturación de aceituna y otra para la elaboración de aceituna, con un consumo de unos 600 m<sup>3</sup>/año. En Socovos hay una fábrica de molturación de aceituna y otra de materiales de construcción, con un consumo de unos 300 m<sup>3</sup>/año.

Uso agrícola. El Término Municipal de Moratalla posee 2.479 ha de regadío, con un volumen aprovechado de 8.319.000 m<sup>3</sup>/año (dotación media de 3356 m<sup>3</sup>/ha/año), proveniente de sondeos, manantiales y cauces. Tan sólo unas 100 ha se riegan con aguas que no pertenecen a esta Unidad, situadas en Calar de la Santa en la parte occidental y pertenecientes a la Unidad Hidrogeológica 07.17 Caravaca, con un volumen aproximado de 335.000 m<sup>3</sup>/año. Los recursos que aporta la Unidad del Anticlinal de Socovos son, por tanto, 7.984.000 m<sup>3</sup>/año.

En Yeste se riegan unas 100 ha en la pedanía de Claras, a partir del río Taibilla, alimentado por manantiales del Anticlinal de Socovos, con un volumen de 600.000 m<sup>3</sup>/año. En Letur hay 1.050 ha de regadío a las que hay que añadir 250 a partir de las cuales se obtiene una segunda cosecha. Por tanto, las ha efectivas se amplian a 1.300. De las 1.050 ha, 870 se riegan con aguas subterráneas, 125 a partir de cauces superficiales alimentados por manantiales de esta Unidad y por último, 55 ha cuyo riego se realiza por bombeo de sondeos. En total, el volumen aprovechado se eleva a 6.398.000 m<sup>3</sup>/año.

En Férez, existen 400 ha (más 25 ha que vuelven a regarse en una segunda cosecha) de regadío con una dotación media de 4170 m<sup>3</sup>/ha/año, de las cuales tan sólo 145 se riegan con aguas provenientes de esta Unidad, mientras que el resto aprovecha

recursos de la Unidad 07.04 Pliegues Jurásicos del Mundo. En total, el volumen con destino al regadío fue de 1.772.500 m<sup>3</sup>/año procedentes exclusivamente de manantiales a los que hay que restar un 5 % que procede de la Mancomunidad de Canales del Taibilla y que asciende a unos 90.000 m<sup>3</sup>/año, por lo que el total aportado por los manantiales es de 1.682.500. La parte utilizada del Anticlinal de Socovos proviene de la Fuente de Férez (2434-7-0017), con un volumen anual de 605.000 m<sup>3</sup>/año, a los que hay que restar el 5 % indicado, que en este caso son 30.000 m<sup>3</sup>/año, por lo que el volumen real aprovechado de esta Unidad es de 575.000 m<sup>3</sup>/año

En Socovos se riegan 480 ha a partir de manantiales, donde 15 ha se complementan con aportes del arroyo de Socovos y otras 160 lo hacen con ayuda de pozos y sondeos. Existen además, 60 ha de las que se obtiene una segunda cosecha. La dotación media es de 4.800 m<sup>3</sup>/ha/año y la superficie regada a partir de esta Unidad se estima en unas 200 ha con un volumen aplicado de 960.000 m<sup>3</sup>/a.

La dotación de cultivos varía de un municipio a otro, según se observa en el cuadro siguiente, en m<sup>3</sup>/ha/a.

CULTIVO	MORATALLA	YESTE	LETUR	FÉREZ	SOCOVS
Olivar	3.000	2.500	3.000	2.500	3.000
Cereales	1.500	3.500	1.500	1.200	1.500
Tubérculos	4.000	-	4.000	4.000	4.000
Forrajeras	1.500	-	-	-	-
Hortalizas	12.000	5.500	7.500	7.500	7.500
Frutales	3.000	3.000	-	-	-
Viñas	3.000	-	-	2.500	3.000
Maiz	-	-	6.000	6.000	6.000

En el siguiente cuadro se expone un resumen de los usos del agua en esta Unidad, expresado en m<sup>3</sup>/a.

MUNICIPIO	ABAST. + INDUSTRIAL	REGADÍO	TOTAL
Moratalla	425.000	7.984.000	8.409.000
Letur	200.000	6.398.000	6.598.000
Férez	90.000	575.000	665.000
Socovos	9.000	960.000	969.000
Yeste	-	600.000	600.000
<b>TOTAL</b>	<b>724.000</b>	<b>16.517.000</b>	<b>17.241.000</b>

### Unidad Hidrogeológica 07.07 Fuente Segura-Fuentsanta

En esta Unidad se han estudiado los municipios de Nerpio y Yeste. Al igual que en las unidades anteriormente descritas, la población y los regadíos son escasos y dispersos. La mayor parte de los recursos proceden de los manantiales. Apenas hay sondeos.

Uso urbano. El núcleo de Nerpio se abastece del manantial del Molino de la Fuente, principal salida de la Unidad Hidrogeológica 07.19 Taibilla. En algunas pedanías, el agua procede de manantiales de la Unidad Fuente Segura-Fuentsanta, e incluso de un sondeo, el 233530052 que abastece a Beg. La población total de Nerpio es de 1.928 habitantes, de los cuales unos 300 se abastecen de recursos de esta Unidad, con un volumen aproximado de 15.000 m<sup>3</sup>/a. Suponiendo una dotación de 140 l/hab/a, el consumo total puede situarse en torno a los 100.000 m<sup>3</sup>/a.

Uso industrial. No se tiene constancia de la existencia de industrias en Nerpio con excepción de una gasolinera, que utiliza la red municipal.

Uso agrícola. Se contabilizan unas 800 ha de regadío en el Término Municipal de Nerpio, de las cuales 615 reciben recursos de esta Unidad, a partir de manantiales, en tres zonas principalmente: Vizcable, Yetas de Abajo y Pedro Andrés. La dotación media es de 3.750 m<sup>3</sup>/ha/a, lo que equivale a un volumen total de 3.000.000 m<sup>3</sup>/a para todo el Municipio y 2.305.000 m<sup>3</sup>/a provenientes de la Unidad de Fuente Segura-Fuentsanta. El resto, 695.000 m<sup>3</sup>/a, proceden de la Unidad de Taibilla.

En Yeste se riegan 270 ha con recursos de esta Unidad, provenientes de manantiales. Las zonas de riego principales se sitúan en la Graya y en Góntar, siendo de 1.100.000 m<sup>3</sup>/a el volumen empleado.

Las dotaciones empleadas en los dos municipios son muy parecidas, tal y como se expone en el cuadro siguiente:

CULTIVOS	NERPIO	YESTE
Cereales	3.000	3.500
Hortalizas	5.500	5.500
Frutales	3.000	3.000
Olivar	2.500	2.500

En el siguiente cuadro se expone un resumen de los usos del agua en esta Unidad, expresado en m<sup>3</sup>/a.

MUNICIPIO	ABAST. + INDUSTRIAL	REGADÍO	TOTAL
Nerpio	15.000	2.305.000	2.320.000
Yeste	-	1.100.000	1.100.000
<b>TOTAL</b>	15.000	3.405.000	3.420.000

### 6.3.8. Balance hídrico

El balance hídrico de las unidades de este estudio se ha basado en los estudios climático e hidrológico y de encuestas de explotación. No se poseen datos de infiltración de lluvia útil ni de reserva útil del suelo de carácter experimental, por lo que se han empleado valores estimados de estos parámetros. Por otro lado, aunque en las extracciones de caudal se pueden asignar con facilidad a cada una de las unidades hidrogeológicas, no siempre es posible hacerlo a acuíferos concretos, sobre todo en los volúmenes con destino al regadío.

El estudio de balance se ha realizado en cada acuífero, tomando los valores de la estación climática más próxima o la media en el caso de considerar más de una, teniendo como hipótesis una reserva útil del suelo de 10 y 25 mm dependiendo de la vegetación (y por tanto del desarrollo del suelo), variando los porcentajes de infiltración de lluvia útil en función de la pendiente y litología del área de recarga.

La serie de años contemplada en el estudio climático es de 35 años (1.960-1.995) donde una vez aplicado el método de Thornthwaite, se han establecido los cálculos en base a la media de las lluvias útiles anuales de todo el período.

Se ha tomado el valor total de la lluvia útil como referencia de la suma de las salidas en cauces, ya que sus aforos contienen tanto escorrentía superficial como subterránea. Por otro lado, en los cálculos de infiltración de lluvia útil, se observa que no todo el volumen subterráneo surge a través de los manantiales y cauces, por lo que se entiende que debe existir una parte que migre en profundidad, atravesando la formación de arenas y arcillas del Utrillas, hacia las formaciones del Cretácico inferior y probablemente también, del Jurásico superior.

Por último, se observa que los caudales medidos en la campaña de abril de 1.997, se ajustan a la media en el período de estudio, utilizándose para calcular el caudal circulante a lo largo del año incluido en el citado período.

#### **U.H. 07.14 Segura-Madera-Tus**

Formada por 16 acuíferos del Cretácico superior y 13 de Cretácico inferior, se exponen a continuación en tablas, los datos de entradas en sus balances:

Entradas en los acuíferos del Cretácico superior

Acuífero	Superficie permeable (km <sup>2</sup> )	Estación climática (R. U.= 25 mm)	Lluvia útil		Infiltr. %	Infiltración lluvia útil	
			mm	hm <sup>3</sup> /a		mm	hm <sup>3</sup> /a
Cujón	20,4	7065 y 7085	329	6,7	50	165	3,4
Herrada	51,7	7065	186	9,6	50	93	4,8
Ardal	9,8	7061	227	2,2	60	136	1,3
Tinjarra	20,3	7061	227	4,6	50	114	2,3
Calar de la Sima	57,7	7054 y 7059	375	21,6	90	338	19,5
Moro-Balasma	4,4	7062	782	3,4	60	469	2,1
Espino	4,5	7062	782	3,5	80	626	2,8
Calar de Cobos	8,9	7051 y 7052	574	5,1	90	517	4,6
Bucentaina	6,5	5173, 5175 y 7062	618	4,0	50	309	2,0
Navalperal	5,5	7062	782	4,3	60	469	2,6
Peñarrubia	10,6	7062	782	8,3	50	391	4,1
Peñalta	3,8	5175 y 5178	447	1,7	50	224	0,9
Segura de la Sierra	1,9	5175 y 5178	447	0,8	50	224	0,4
Yelmo	9,1	5014, 5016 y 5177	480	4,4	70	336	3,1
Cabeza Gorda	2,1	7051	636	1,3	50	318	0,7
Calar del Pino	9,0	7051 y 7052	574	5,2	60	344	3,1
<b>TOTAL</b>	<b>226,2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>86,7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>57,7</b>

De forma análoga, las entradas en los afloramientos permeables del Cretácico inferior se exponen en la siguiente Tabla:

Entradas acuíferos del Cretácico inferior

Acuífero	Superficie permeable (km <sup>2</sup> )	Estación climática (R. U.= 25 mm)	Lluvia útil		Infiltr. %	Infiltración lluvia útil	
			mm	hm <sup>3</sup> /año		mm	hm <sup>3</sup> /año
Cerro Lobo	5,6	7063	469	2,6	50	235	1,3
Tus	7,6	7063	469	3,6	50	235	1,8
Moraleda	1,2	7061	227	0,3	50	114	0,2
Virgen	2,0	7059 y 7061	342	0,7	50	171	0,4
Arguellite	7,6	7059	458	3,5	50	229	1,7
Parolís	3,2	7059 y 7072	330	1,1	50	165	0,5
Las Juntas	9,1	7054 y 7058	265	2,4	50	133	1,2
Agua	8,2	7059 y 7062	620	5,1	50	310	2,5
Tejo	1,3	7062	782	1,0	50	391	0,5
Huecos	5,1	7052 y 7054	402	2,1	50	201	1,0
Canales	1,3	5016	566	0,7	50	283	0,4
Mirandante	3,7	7051 y 7052	574	2,1	50	287	1,1
Barbua	2,9	7052	511	1,5	50	256	0,7
<b>TOTAL</b>	<b>58,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>26,6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>13,3</b>

Esta Unidad posee una superficie permeable de 285,0 km<sup>2</sup>, de los cuales 226,2 pertenecen a los acuíferos de relieve invertido y 58,8 a los afloramientos de Cretácico

inferior. Las entradas por infiltración de lluvia útil se cifran en 70,3 hm<sup>3</sup>/a, siendo 57,7 para los acuíferos del Cretácico superior y el resto 13,3 para los acuíferos del Cretácico inferior.

El balance de los acuíferos de relieve invertido, expresado en hm<sup>3</sup>/a, se expone en la Tabla siguiente:

ACUÍFERO	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)		SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)		
	LLUVIA ÚTIL	INFILT. LLUV. UTIL	MANANTIALES Y CAUCES	SUBTERRÁN. (CRET. INF.)	ESCORR.ÍA SUPERFICIAL
Cujón	6,7	3,4	1,1	2,3	3,3
Herrada	9,6	4,8	3,3	1,5	4,8
Ardal	2,2	1,3	0,6	0,7	0,9
Tinjarra	4,6	2,3	0,2	2,1	2,3
Calar la Sima	21,6	19,5	16,4	3,1	2,1
Moro-Balasma	3,4	2,1	0,5	1,6	1,3
Espino	3,5	2,8	0,7	2,1	0,7
Calar de Cobos	5,1	4,6	3,7	0,9	0,5
Bucentaina	4,0	2,0	0,2	1,8	2,0
Navalperal	4,3	2,6	0,4	2,2	1,7
Peñarubia	8,3	4,1	1,3	2,8	4,2
Peñalta	1,7	0,9	0,2	0,7	0,8
Segura Sierra	0,8	0,4	0,1	0,3	0,4
Yelmo	4,4	3,1	0,8	2,3	1,3
Cabeza Gorda	1,3	0,7	0,1	0,6	0,6
Calar del Pino	5,2	3,1	1,5	1,6	2,1
<b>TOTAL</b>	<b>86,7</b>	<b>57,7</b>	<b>31,1</b>	<b>26,6</b>	<b>29,0</b>

La escorrentía superficial se estima como la diferencia entre la lluvia útil y la infiltración de lluvia útil. La suma entre las salidas por manantiales y cauces y las salidas subterráneas es igual a la columna de infiltración de lluvia útil.

Puesto que hay acuíferos donde las medidas de caudal se han realizado sobre cauces y por tanto, con una cierta proporción de escorrentía superficial, se incluye una columna de dicha proporción. Estos acuíferos son todos excepto los de Ardal, Espino, Bucentaina, Navalperal, Peñalta, Segura de la Sierra y Yelmo. En estos últimos, las salidas han sido medidas o estimadas a partir de manantiales y por tanto se corresponden a escorrentía subterránea exclusivamente.

Existe una circulación subterránea a través del impermeable de base general de las arenas y arcillas de la formación Utrillas, hacia formaciones del Cretácico inferior, según se indica en la columna de salidas subterráneas. Esto es así puesto que de forma sistemática, la infiltración de lluvia útil es superior a las salidas por manantiales y cauces a pesar de que éstos deben incluir un cierto porcentaje de escorrentía superficial. Reducir la infiltración de lluvia útil para compensar el balance implicaría elevar la reserva útil del suelo a 50 e incluso 75 mm por lo que se entraría en contradicción con las características de la zona de recarga, normalmente planas y calcáreas, con fenómenos kársticos, donde apenas existen suelos o vegetación bien desarrollados. En cuanto al balance de los afloramientos del Cretácico inferior, se expone en la Tabla siguiente ( $\text{hm}^3/\text{a}$ ).

ACUÍFEROS	ENTRADAS INFILTRACIÓN LLUVIA ÚTIL	SALIDAS	
		CAUCES	SUBTERRÁNEAS
Cerro Lobo	1,3	-	1,3
Tus	1,8	1,4	0,4
Moraleda	0,2	-	0,2
Virgen	0,4	-	0,4
Arguellite	1,7	-	1,7
Parolís	0,5	11,6	-11,1
Las Juntas	1,2	3,6	-2,4
Agua	2,5	-	2,5
Tejo	0,5	-	0,5
Huecos	1,0	-	1,0
Canales	0,4	-	0,4
Mirandante	1,1	-	1,1
Barbua	0,7	-	0,7
<b>TOTAL</b>	<b>13,3</b>	<b>21,9</b>	<b>-8,6</b>

Se observa que las ganancias de caudal de al menos el río Segura, en los afloramientos de Parolís y las Juntas, son muy superiores a las entradas provenientes exclusivamente de estos afloramientos. En concreto, el río Segura en el tramo donde se realizaron las medidas (Parolís y Las Juntas), recibió 5,2 hm<sup>3</sup>/a de aportes subterráneos provenientes de los acuíferos de relieve invertido y los de Cretácico inferior de esta Unidad (es posible que también de los acuíferos situados en la Unidad 07.07 Fuente Segura-Fuentsanta) de manera que la formación de arenas y arcillas del Utrillas no representa un impermeable de base absoluto, como ya se ha indicado anteriormente con otro razonamiento.

Las entradas por infiltración de lluvia útil sobre los acuíferos del Cretácico superior son de 57,7 hm<sup>3</sup>/a de los que 31,1 hm<sup>3</sup>/a surgen a través de manantiales, el resto, 26,6 hm<sup>3</sup>/a, atraviesan la formación de arenas y arcillas del Utrillas para incorporarse a las formaciones del Cretácico inferior que, por otro lado, también reciben una infiltración directa de lluvia útil de 13,3 hm<sup>3</sup>/a por lo que en total circulan 39,9 hm<sup>3</sup>/a a través de ellas, de los cuales 16,6 hm<sup>3</sup>/a surgen directamente en el río Segura en los acuíferos de Parolís y las Juntas o en el río Tus, cerca del balneario de mismo nombre. De los 23,3 hm<sup>3</sup>/a restantes no se conoce su destino. Es posible que surjan fuera de la zona de estudio o se acumulen como reservas en formaciones permeables del Cretácico inferior y del Jurásico no aflorantes.

La captación de manantiales, con destino al abastecimiento y regadío, es de 2,6 hm<sup>3</sup>/a.

#### **U.H. 07.36 Calar del Mundo**

Formada por un único acuífero del mismo nombre, de 132 km<sup>2</sup> de afloramiento de formaciones permeables. Se ha tomado como hipótesis, una reserva útil de 10 mm en atención al escaso desarrollo de suelo y vegetación y un coeficiente de infiltración del 90 % debido a su superficie plana. Como resultado de estas premisas, la lluvia útil es de

65,6 hm<sup>3</sup>/a y su infiltración en el acuífero, 59,0 hm<sup>3</sup>/a, tal y como se expresa en la Tabla siguiente:

ACUÍFERO	SUPERFIC. PERMBLE. (km <sup>2</sup> )	ESTAC. CLIMÁT	LLUVIA ÚTIL		INFILTR. (%)	INFILTR. LLUV. ÚTIL	
			mm	hm <sup>3</sup> /a		mm	hm <sup>3</sup> /a
Calar del Mundo	132,0	7085	497	65,6	90	447	59,0

Las salidas del acuífero se cifran en 48,2 hm<sup>3</sup>/a, dato de octubre de 1.997 antes de que aparecieran las lluvias, al final del estiaje y por tanto muy próximo al drenaje exclusivamente subterráneo del acuífero a pesar de proceder las medidas de cauces superficiales en su mayoría. No se tomó esta vez, la medida de abril de ese año por demasiado alta como consecuencia de la fusión de las nieves de su superficie plana, que en esas fechas se estaba produciendo.

Siguiendo el mismo razonamiento en el balance que para el resto de acuíferos de la Zona de Relieve Invertido, se obtuvo una salida por escorrentía subterránea de 10,8 hm<sup>3</sup>/a, en su mayoría supuestamente a través de la formación de arenas y arcillas del Utrillas, como diferencia entre la infiltración de lluvia útil y las salidas medidas en manantiales y cauces. El resto, como diferencia entre lluvia útil y su infiltración, se cifró en 6,6 hm<sup>3</sup>/a de escorrentía superficial. Estos datos se observan en la Tabla siguiente:

ACUÍFERO	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /a)		SALIDAS (hm <sup>3</sup> /a)		
	LLUVIA ÚTIL	INFILTRAC. LLUVIA ÚTIL	MANANTIALES Y CAUCES	SUBTERR.	ESCORRENT. SUPERFICIAL
Calar del Mundo	65,6	59,0	48,2	10,8	6,6

Por último, la captación de manantiales y cauces que drenan este acuífero, con destino al abastecimiento y regadío, ascendió a 4,5 hm<sup>3</sup>/a.

**U. H. 07.37 Anticlinal de Socovos**

Esta Unidad está formada por 7 acuíferos, cuyas entradas por infiltración de lluvia útil, se exponen en la Tabla siguiente:

ACUÍFERO	SUPERFIC. PERMBLE. (km <sup>2</sup> )	ESTACIÓN CLIMÁTICA (R. U.= 25 mm)	LLUVIA ÚTIL		INFILT. %	INFILTR. LLUVIA ÚTIL	
			mm	hm <sup>3</sup> /a		mm	hm <sup>3</sup> /a
Férez	25,5	7113	185	4,7	80	148	3,8
Letur	85,1	7113	185	15,7	80	148	12,6
Somogil	40,3	7113 y 7117	161	6,5	80	129	5,2
Taibilla	105,5	7113	185	19,5	80	148	15,6
Tazona	47,6	7113 y 7117	161	7,7	50	81	3,9
Capilla	24,2	7113	185	4,5	80	148	3,6
Molata	8,8	7113	185	1,6	80	148	1,3
<b>TOTAL</b>	<b>337,0</b>	-	-	<b>60,2</b>	-	-	<b>46,0</b>

Se ha tenido en cuenta una reserva útil del suelo de 25 mm, indicativa de que existe una vegetación y suelo de abundancia y espesor moderados. Se ha aplicado un porcentaje de infiltración de lluvia útil del 80 % en acuíferos con formación permeable de dolomías del Cenomaniense-Turonense y calizas del Terciario y un 50 % para el acuífero de Tazona de calizas del Cretácico inferior.

Se observa que para una extensión permeable de 337,0 km<sup>2</sup>, se produce una infiltración de lluvia útil de 38,9 hm<sup>3</sup>/a. Existe una intercomunicación interna entre los acuíferos de esta unidad, según se deduce de las entradas y salidas en la misma. Así pues, los acuíferos de Férez y Letur aportan lateralmente recursos subterráneos al acuífero de Taibilla y éste a su vez transmite una parte al de Somogil. Los acuíferos Molata, Capilla y Taibilla se encuentran superpuestos en ese orden, cediendo recursos el primero sobre el segundo y éste a su vez, sobre el tercero. Por último, el acuífero de

Tazona, por tener su formación permeable en calizas del Cretácico inferior, cede buena parte de sus recursos, desconociéndose las posibles salidas de los mismos.

En la Tabla siguiente, se expresa el balance de entradas y salidas en los acuíferos de esta Unidad:

ACUÍFERO	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)			SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)			
	Lluvia Útil	Inf. Lluvia Útil	Otro acuífero	Manant. y cauces	Otro acuífero	Cretácico inferior	Esc. Sup.
Letur	15,7	12,6	-	9,5	1,2 a Taibilla	1,9	3,1
Férez	4,7	3,8	-	0,6	2,7 a Taibilla	0,5	0,9
Molata	1,6	1,3	-	0,7	0,6 a Capilla	-	0,3
Capilla	4,5	3,6	0,6 de Molata	2,4	1,8 a Taibilla	-	0,9
Taibilla	19,5	15,6	2,7 de Férez 1,8 de Capilla 1,2 de Letur	14,6	3,6 a Somogil	3,1	3,9
Somogil	6,5	5,2	3,6 de Taibilla	7,5	-	1,3	1,3
Tazona	7,7	3,9	-	0,5	-	3,4	3,8
<b>TOTAL</b>	<b>60,2</b>	<b>46,0</b>	<b>9,9</b>	<b>35,8</b>	<b>9,9</b>	<b>10,2</b>	<b>14,2</b>

De forma análoga a lo que ocurre en el acuífero de Tazona, existen 10.2 hm<sup>3</sup>/año que se introducen en las formaciones permeables del Cretácico inferior y probablemente también en las del Jurásico, de los que no se conoce su destino.

Por último, los usos del agua con destino al abastecimiento y regadío a partir de manantiales, cauces y sondeos, ascienden a 17,2 hm<sup>3</sup>/a.

#### U. H. Fuente Segura-Fuensanta

Esta unidad está compuesta por 9 acuíferos, cuyas características climáticas de lluvia útil y su infiltración, se expone en la Tabla siguiente:

ACUÍFERO	SUPERFIC. PERMBLE. (km <sup>2</sup> )	ESTACIÓN CLIMÁTICA (R.U. = 25 mm)	LLUVIA ÚTIL		INFIL %	INFILTR. LLUVIA ÚTIL	
			(mm)			mm	hm <sup>3</sup> /a
			mm	hm <sup>3</sup> /a			
Humoso-J. Q.	65,3	7066	166	10,8	60	100	6,5
Góntar	107,3	7058, 7070 y 7072	274	29,4	60	164	17,6
El Berral	16,4	7072	226	3,7	50	113	1,9
Loma del Sap.	66,6	7069	125	8,3	70	88	5,9
Pillillas-Palanc.	94,5	7052 y 7056	502	47,4	60	301	28,4
Pincorto	72,8	7067	304	22,1	60	182	13,2
Huebras	34,3	7056 y 7067	373	12,8	50	187	6,4
Palomas	91,7	7051 y 7052	549	50,3	60	329	30,2
Guillimona	97,9	5068 y 7056	344	33,7	50	172	16,8
<b>TOTAL</b>	<b>646,8</b>	-	-	<b>218,5</b>	-	-	<b>126,9</b>

Esta Unidad posee también dos acuíferos de Cretácico inferior cuyas características se exponen a continuación:

ACUÍFERO	SUPERFIC. PERMBLE. (km <sup>2</sup> )	ESTACIÓN CLIMÁTICA	RESER. ÚTIL (mm)	LLUVIA ÚTIL (mm)	INFIL %	INFILTR. LLUVIA ÚTIL	
						mm	hm <sup>3</sup> /a
Morote	10,3	7066	25	166	50	83	0,9
Zumeta	3,0	7054	25	319	50	160	0,5
<b>TOTAL</b>	<b>13,3</b>	-	-	-	-	-	<b>1,4</b>

En todos ellos, se ha supuesto una reserva útil del suelo de 25 mm, un poco elevada en algunas zonas de escasa vegetación y suelo. También se ha empleado unos coeficientes de infiltración un tanto moderados de entre 50 y 70 %.

En el balance de los acuíferos se detectan diferencias entre entradas y salidas por defecto en unos y por exceso en otros, poniendo de manifiesto las conexiones subterráneas que se establecen entre ellos. En la Tabla siguiente se exponen dichas interrelaciones y transferencias:

ACUÍFERO	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)			SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)			
	Lluvia útil	Inf. Llu. útil	Otro acuífero	Manant. y cauces	Otro acuífero	Sub. Cret. Inf.	Esc. Sup.
Humoso-Juan Quílez	10,8	6,5	-	5,7	-	0,8	4,3
Góntar	29,4	17,6	-	10,9	4,6 Loma del Sapillo	2,1	11,8
El Berral	3,7	1,9	-	0	-	1,9	1,8
Loma del Sapillo	8,3	5,9	4,6 Góntar y 5,9 Huebras	14,6	-	1,8	2,4
Piñillas-Palancares	47,4	28,4	5,1 Palomas	25,8	-	7,7	19,0
Pincorto	22,1	13,2	-	4,9	8,3 Huebras	-	8,9
Huebras	12,8	6,4	8,3 Pincorto y 1,9 Guillimona	8,7	5,9 Loma del Sapillo	2,0	6,4
Palomas	50,3	30,2	-	20,7	5,1 Piñillas-Palac. 0,8 Guillimona	3,6	20,1
Guillimona	33,7	16,8	0,8 Palomas	13,6	1,9 Huebras	2,1	16,9
<b>TOTAL</b>	<b>218,5</b>	<b>126,9</b>	<b>26,6</b>	<b>104,9</b>	<b>26,6</b>	<b>22,0</b>	<b>91,6</b>

El balance de los afloramientos de Cretácico inferior, se expresa en la Tabla siguiente:

ACUÍFERO	ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)		SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)		
	Infiltración Lluvia útil	Otro acuífero	Manantiales y cauces	Otro acuífero	Cretácico inferior y Jurásico superior
Morote	0,9	-	0	-	0,9
Zumeta	0,5	-	3,7	-	-3,2
<b>TOTAL</b>	<b>1,4</b>	<b>-</b>	<b>3,7</b>	<b>-</b>	<b>-2,3</b>

En esta Unidad se producen por tanto, unas entradas de 128,3 hm<sup>3</sup>/a, de los cuales 126,9 pertenecen a los acuíferos y 1,4 a los afloramientos de Cretácico inferior. Las salidas a partir de manantiales y cauces se cifran en 108,6 hm<sup>3</sup>/a, de los cuales 104,9 provienen de los primeros y 3,7 de los segundos. El resto hasta 19,7 hm<sup>3</sup>/a (22,0

de los acuíferos menos 2,3 que emergen a partir del afloramiento del río Zumeta, del Cretácico inferior), debe infiltrarse a través de la formación de arenas y arcillas del Utrillas, hacia el Cretácico inferior.

Por último, las captaciones de manantiales y cauces con destino al abastecimiento y regadío ascendieron a 3,4 hm<sup>3</sup>/a.

### **Subcuencas en la cabecera de los ríos Segura y Zumeta**

Como complemento de los balances de las unidades hidrogeológicas, se realizó un estudio hidrológico que contemplara las aportaciones de las estaciones foronómicas de las distintas subcuencas hidrográficas de la zona de estudio, según datos de las confederaciones hidrográficas del Segura y Guadalquivir, junto con datos aportados por el estudio climático de las Sierras de Segura-Cazorla.

En función de los datos de suficiente representatividad, se pudo establecer el desglose de aportaciones superficiales y subterráneas en algunas subcuencas de la Zona de Estudio representadas en las unidades hidrogeológicas ya descritas y que son en este caso que nos ocupa, las cuencas de cabecera de los ríos Segura y Zumeta hasta los embalses de Anchuricas y la Novia, respectivamente.

#### **Subcuenca de cabecera del río Segura**

Ocupa el tramo comprendido entre su nacimiento y el embalse de Anchuricas con una superficie total de 238 km<sup>2</sup>, de los cuales 120,6 corresponden a afloramientos permeables. Esta subcuenca incluye también al río Madera, como afluente por la izquierda del río Segura.

Quedan representados los acuíferos y afloramientos de Cretácico inferior de parte de las unidades hidrogeológicas de Segura-Madera-Tus (07.14) y de Fuente Segura-Fuensanta (07.07), según las propiedades expresadas en la tabla siguiente:

Acuífero	Sup. perm. (km <sup>2</sup> )	% Superf. Total	Lluvia total (hm <sup>3</sup> )	Lluvia útil (hm <sup>3</sup> )	% Infiltración	Inf. Lluvia útil (hm <sup>3</sup> )
Piñillas- Palancares	43,1	45,6	34,3	21,6	60	13,0
Palomas	41,3	45,0	37,4	22,7	60	13,6
Peñarrubia	10,6	100	11,7	8,3	50	4,1
Cabeza Gorda	2,1	100	2,0	1,3	50	0,7
Calar del Pino	9,0	100	8,2	5,2	60	3,1
Calar de Cobos	6,6	74,2	6,0	3,8	90	3,4
Canales	1,3	100	1,1	0,7	50	0,4
Mirandante	3,7	100	3,4	2,1	50	1,1
Barbúa	2,9	100	2,4	1,5	50	0,7
<b>Total</b>	<b>120,6</b>	<b>-</b>	<b>106,5</b>	<b>67,2</b>	<b>-</b>	<b>40,1</b>

El aporte subterráneo de la infiltración de lluvia útil proveniente de los afloramientos permeables de esta subcuenca hidrográfica es de 40,1 hm<sup>3</sup>/a. Por otro lado, la aportación subterránea en el embalse de Anchuricas según el estudio hidrológico citado, se cifra en 49,6 hm<sup>3</sup>/año. La diferencia entre ambas cifras, 9,5 hm<sup>3</sup>/año, se completa con el aporte subterráneo en la misma cantidad, procedente de la subcuenca hidrográfica vecina del río Zumeta situada hacia el este, con recursos de los propios acuíferos de Palomas (7,5 hm<sup>3</sup>/a) y Piñillas-Palancares (2,0 hm<sup>3</sup>/a). Esto implica que la divisoria hidrogeológica entre las dos subcuencas está desplazada hacia el este con respecto a la hidrográfica, lo cual coincide con criterios hidrogeológicos apoyados por las diferencias de cota existentes entre los afloramientos de las formaciones permeables.

A su vez, también la divisoria Segura-Guadalquivir está desplazada hacia el este en la parte central del acuífero Palomas, cediendo 7,6 hm<sup>3</sup>/a hacia el Guadalquivir y que están compensados en la misma cantidad por recursos provenientes de la Unidad de Castril, al sur de la Falla de Puebla de Don Fadrique en el área de Pinar Negro.

Merece la pena destacar que el río Segura recibe aportes subterráneos directos provenientes de las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de los acuíferos Palomas y Pilillas-Palancares de la Unidad Hidrogeológica Fuente Segura-Fuensanta, hasta la desembocadura del río Madera y que a partir de este punto, recibe aportes directos de este último acuífero así como de los acuíferos de la Zona de Relieve Invertido de la Unidad Hidrogeológica de Segura-Madera-Tus, bien a través del drenaje directo del río Madera o bien mediante la infiltración de recursos a través del impermeable relativo de la formación de arenas y arcillas del Utrillas más los que se infiltran a través de los afloramientos permeables de Cretácico inferior de Canales y Mirandante y que surgen supuestamente a través de un tercer afloramiento de este tipo, el de Barbúa, que aflora y subaflora bajo el relleno Cuaternario del río Segura, en un tramo de unos 3-4 km en la cola del embalse de Anchuricas.

Probablemente el funcionamiento hidráulico y balance de esta área debe ser más complejo, pero los datos existentes no permiten interpretaciones más complicadas. Es importante indicar que esta subcuenca recibe una aportación subterránea superior a los recursos que cabría esperar de ella en el contexto del estudio climático e hidrológico y que dichos aportes extras provienen tanto de la formación de dolomías del Cenomaniense-Turoniense como de las calizas del Cretácico inferior subyacente.

#### Subcuenca del río Zumeta

Situada al SE de la anterior, ocupa una extensión de 272 km<sup>2</sup> de los cuales 186,4 pertenecen a afloramientos permeables. Está comprendida entre el nacimiento del río Zumeta y otros arroyos de cabecera, en el área de Pinar Negro, hasta el embalse de la Novia. Están representados acuíferos de dos unidades hidrogeológicas: Fuente Segura-Fuensanta y Castril, con las características que se representan en la Tabla siguiente:

Acuífero	Sup. perm. (km <sup>2</sup> )	% Superf. Total	Lluvia total (hm <sup>3</sup> )	Lluvia útil (hm <sup>3</sup> )	% Infiltración	Inf. Lluvia útil (hm <sup>3</sup> )
Pillillas- Palancares	25,2	26,7	20,0	12,7	60	7,6
Pincorto	6,1	8,4	3,2	1,9	60	1,1
Huebras	15,5	45,2	9,9	5,8	50	2,9
Palomas	23,0	25,1	20,9	12,6	60	7,6
Guillimona	60,5	61,8	38,9	20,8	50	10,4
Castril	53,1	-	-	37,2	90	33,5
Zumeta	3,0	100	1,8	1,0	50	0,5
<b>Total</b>	<b>186,4</b>	<b>-</b>	<b>94,7</b>	<b>92,0</b>	<b>-</b>	<b>63,6</b>

Como se observa, la infiltración de lluvia útil se eleva a 63,6 hm<sup>3</sup>/a, cantidad muy superior a la aportación que se produce en el embalse de la Novia que es de sólo 23,0 hm<sup>3</sup>/a. Este hecho indica que hay una transferencia subterránea de 40,6 hm<sup>3</sup>/a hacia las cuencas vecinas que pueden distribuirse de la forma siguiente:

- 9,5 hm<sup>3</sup>/a a la subcuenca del río Segura
- 7,0 hm<sup>3</sup>/año hacia la cuenca del Guadalquivir, en el área de Pinar Negro de la Unidad de Castril, hacia el manantial de Aguasmulas (223660001) en acuífero Palomas y hacia la surgencia 223740002 en el acuífero Guillimona.

Este desglose de recursos indica que la divisoria hidrogeológica entre el Zumeta y el Guadalquivir se desplaza hacia el NE con respecto a la hidrográfica en la zona de Pinar Negro, en detrimento del Zumeta.

Como ya se ha indicado anteriormente, la divisoria hidrogeológica del Segura también avanza en detrimento del Zumeta con respecto a la hidrográfica, hacia el SE.

Por último, existe una serie de recursos provenientes de los acuíferos Guillimona, Pincorto y Huebras que, en parte surgen directamente al río Zumeta, a

través del afloramiento del Cretácico inferior de mismo nombre, entre Tobos y Vites (y que por tanto se contabiliza como aporte subterráneo de esta cuenca en el embalse de la Novia) pero que muy probablemente, en su mayor parte, deben continuar su circulación subterránea para surgir aguas abajo en otro afloramiento de Cretácico inferior en relación con el río Segura: el de las Juntas, aunque tampoco en este caso es seguro que surja por aquí todo el caudal. Esto conlleva a indicar que por el este, la divisoria hidrogeológica con respecto a la subcuenca del río Taibilla, avance en detrimento de este río, con respecto a la hidrográfica. En el resto del tramo del río Zumeta, hasta su nacimiento, este río y sus afluentes drenan las dolomías del Cenomaniense-Turoniense de los acuíferos Huebras y Guillimona. Es probable que el balance real sea más complejo, pero los datos obtenidos no permiten apuntar otra posibilidad. Es importante destacar que la formación permeable del Cretácico inferior, que aflora de forma aislada, posee un flujo subterráneo proveniente de la formación dolomítica del Cenomaniense-Turoniense, a través del impermeable relativo de las arenas y arcillas del Utrillas y que alimenta de forma general, aunque no en la totalidad (según se desprende de los aforos diferenciales realizados), a los ríos que la atraviesan, es decir: esta formación, conectada con otras del Jurásico superior, debe tener un flujo subterráneo propio y poco conocido en su funcionamiento y distribución espacial.

#### **6.4. CARBONATADO DE LA LOMA DE ÚBEDA**

Este acuífero, aún sin catalogar, se encuentra localizado entre la Loma de Úbeda y el límite sur de los afloramientos paleozoicos de Sierra Morena. Está constituido por un paquete calizo-dolomítico, en estratos tableados de color gris amarillento, que se dispone de forma concordante sobre las arcillas yesíferas del Triás, las cuales deben ser el substrato impermeable.

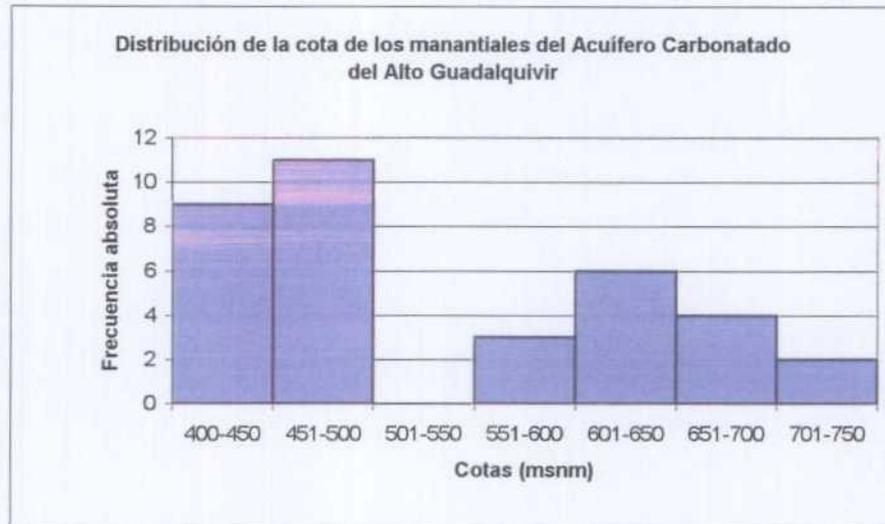
Esta formación acuífera alcanza los 100 m de potencia en los alrededores de Canena y Rus, donde además constituye un acuífero confinado al estar limitado a techo por los materiales miocenos margosos de relleno de la Depresión del Guadalquivir. Los sondeos realizados en este acuífero llegan a tener caudales superiores a los 15 l/s en la zona de Canena y Rus. Los datos de niveles piezométricos indican un sentido de flujo hacia el sur.

Estos materiales representan un gran interés para la zona de la Loma de Úbeda, donde a pesar de encontrarse a elevadas profundidades (entre 400 y 600 m), se han realizado importantes obras, superiores a 800 m, debido a los significativos caudales que pueden obtenerse de ellos, que con frecuencia superan los 10 l/s e incluso podrían llegar a los 100 l/s, aunque esta última cifra no está contrastada.

##### **6.4.1. Inventario de puntos de agua**

En el Carbonatado de La Loma de Úbeda, a partir de la Base de Datos de Puntos de Agua del ITGE, han sido diferenciados un total de 251 puntos de los cuales el 80,5% corresponden a sondeos y sólo un 14% a manantiales (un total de 35), mientras que el resto de puntos inventariados son 12 pozos, un pozo con sondeo y un pozo con galería.

La cota de los 35 manantiales oscila entre 400 y 720 m y sus frecuencias absolutas se observan en el siguiente histograma.

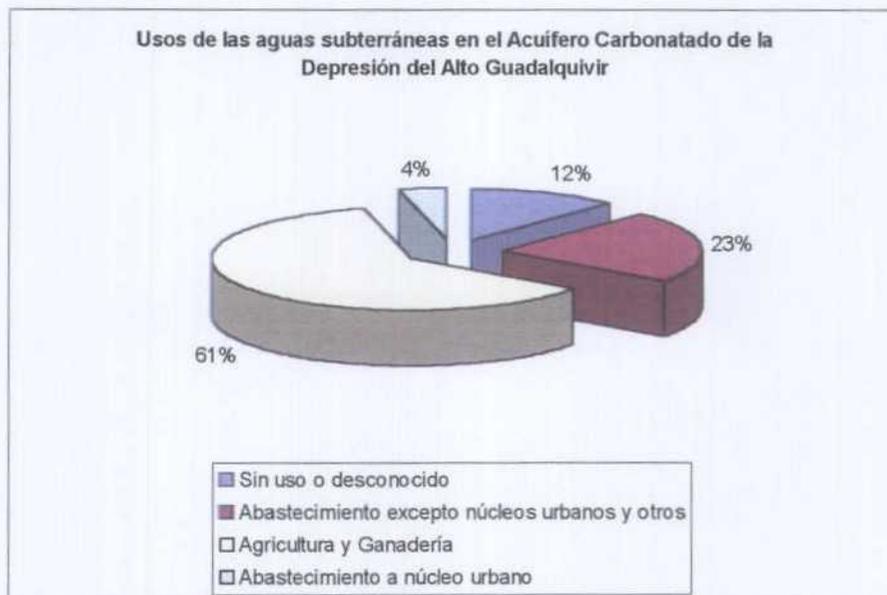


Los caudales de los manantiales por lo general son menores a los 5 l/s pero existen tres manantiales inventariados que superan los 10 l/s, situados a las cotas más bajas, entre los 410 y 450 m s.n.m.

La profundidad de los sondeos oscila entre 90 m y 880 m, alcanzándose las mayores profundidades de obra en el sector de la Loma de Úbeda donde los materiales carbonatados de este acuífero se encuentra bajo una potente serie margoso-arenosa de materiales terciarios de relleno de la Depresión del Guadalquivir.

El método de perforación más utilizado es la rotopercusión, empleado en un 76,2% de los sondeos, el resto de métodos de perforación corresponde a rotación y percusión, destacándose el empleo de rotación con circulación inversa en una obra y la utilización de rotación por circulación directa en 8 sondeos que alcanzan profundidades superiores a los 400 m. El método de rotopercusión alcanza profundidades similares pero con menor diámetro de perforación. Los diámetros de perforación en su mayoría oscilan entre 200 y 350 mm ya que la rotopercusión es el método más empleado.

El uso de las aguas subterráneas contabilizado en el acuífero por puntos inventariados y no por el volumen empleado puede observarse en el siguiente gráfico. Se observa claramente que la mayoría de los puntos inventariados se utilizan en labores de riego y/o ganaderas. En la siguiente figura se aprecia los usos de las aguas subterráneas del acuífero del Alto Guadalquivir.



#### 6.4.2. Redes de control definición y descripción

Con anterioridad a la realización de este Proyecto no había implantadas redes de control, si bien, uno de los objetivos del mismo ha sido controlar una serie de puntos seleccionados entre el inventario existente y el realizado en el marco de este Proyecto, con el fin de mejorar el conocimiento hidrogeológico de este acuífero.

Asimismo, durante este período se ha realizado una campaña flash de calidad.

## 6.4.2.1. Red hidrométrica

Dado que este acuífero se encuentra confinado en muchos sectores, la presencia de manantiales relacionados directamente con los carbonatos es escasa así como los caudales que drenan.

También se ha controlado secciones de aforo con el objeto de comprobar la relación río-acuífero en aquellos sectores donde los cauces se ponen en contacto directo con los materiales permeables del acuífero. El período de control está comprendido entre mayo de 1.996 y octubre de 1.997, y los puntos se pueden observar en la tabla siguiente.

Nº ITGE	TOPONIMIA	MEDIDAS	NATURALEZA
203630009	Arroyo La Estrella	3	Manantial
213550005	El Tobazo	4	Manantial
21355GCA	Arroyo Cabañada	4	Cauce

## 6.4.2.2. Red piezométrica

Hay muchos puntos inventariados por el ITGE que captan el acuífero Carbonatado de La Loma de Úbeda, sin embargo dado que la mayoría están realizados por el método de rotoperCUSión y están instalados, la toma de nivel es imposible.

En total se han realizado medidas de nivel piezométrico en cuatro puntos que se observan en la tabla siguiente.

<b>Nº ITGE</b>	<b>TOPONIMIA</b>	<b>MEDIDAS</b>
213620041	Caserío del Pinar	4
213650029	Narvárez del Carmen	1
203680016	Venta La Chulapa	1
203680017	Carrizales	1

#### 6.4.2.3. Red de calidad

Además de la red de control, compuesta por seis puntos, se ha realizado una campaña flash con objeto de tener una visión más amplia de la calidad de las aguas subterráneas del acuífero.

Los puntos pertenecientes a la red se recogen en la siguiente tabla.

<b>Nº ITGE</b>	<b>TOPONIMIA</b>	<b>MUESTRAS</b>
203630009	Arroyo La Estrella	3
213550005	El Tobazo	3
203680015	Pichilín	2
203650001	Balneario de San Andrés	1
203680016	Venta La Chulapa	1
203680017	Carrizales-San Juan	1

Las muestras recogidas en los puntos pertenecientes a la red se han tomado entre abril de 1.997 y octubre de 1.997. Así mismo, la campaña flash se desarrolló entre agosto y octubre de 1.996, tomando 22 muestras en total.

### 6.4.3. Comportamiento hidrogeológico de los materiales

El material acuífero está constituido por las calizas y dolomías liásicas, que presentan porosidad secundaria, que es la principal responsable del almacenamiento y circulación de agua en la roca, generada por procesos de fracturación, karstificación y paleokarstificación de la roca. El comportamiento de los materiales varía según las zonas de acuífero de libre a confinado. En la zona de la Loma de Úbeda, donde los carbonatos liásicos están cubiertos por más de 200 m de materiales margosos de relleno de la Depresión del Guadalquivir, el acuífero se encuentra confinado, mientras que al norte se comporta como libre.

A muro de la formación acuífera se suelen situar materiales arcilloso yesíferos triásicos donde las arcillas tienen un comportamiento acuicludo, las cuáles pueden almacenar agua hasta la saturación pero la transmiten muy lentamente.

Los materiales triásicos de composición areniscosa están captados en el sector nororiental de la Unidad de Úbeda donde se extraen hasta 10 l/s. Aparentemente, los sondeos que perforan estos materiales dan un buen rendimiento, si bien, el desconocimiento a cerca del comportamiento real de estos materiales es grande y la relación hidrogeológica que puedan tener con los carbonatos de la Unidad de Úbeda u otros materiales no se ha establecido todavía. En cualquier caso, y a pesar de los escasos datos que se han recogido estos materiales pueden tener un papel relativamente importante en la hidrogeología de esa zona, siendo necesario realizar un estudio más detallado de los mismos.

Recubriendo parcialmente los carbonatos se sitúan los materiales margosos de relleno de la Depresión del Guadalquivir, cuya columna estratigráfica está constituida fundamentalmente por margas con finos niveles arenosos, excepto a su base donde se sitúan los materiales transgresivos del Tortoniense inferior.

Estos sedimentos presentan bruscos cambios laterales de facies y potencias, lo que podría estar relacionado con el relleno de pequeñas depresiones limitadas por fracturas, lo cuál condiciona su limitado interés como acuífero, ya que a pesar de una litología detrítica gruesa con un aprecible porosidad intergranular, su limitada extensión y potencia impide que constituya un acuífero de envergadura. El comportamiento de las margas sería similar al de las arcillas, acuícludo, por lo que constituyen el nivel impermeable a techo, que causa el confinamiento del acuífero mesozoico en las zonas que lo cubre.

En la Hoja de Cazorla los niveles calcareníticos terciarios (Serravalliense medio) alcanzan su máximo desarrollo, tanto en potencia, hasta 180 m, como en continuidad de los afloramientos, constituyendo, a priori, niveles de cierto interés hidrogeológico.

Las calcarenitas de la Depresión del Guadalquivir presentan dos facies claramente diferenciadas. Por un lado facies turbidíticas con intercalaciones de margas entre estratos calcareníticos y, por otro, calcarenitas amarillentas de grano grueso, sin intercalaciones margosas de importancia (ITGE, 1994d).

Tanto unas calcarenitas como otras pueden considerarse acuíferos, siendo el afloramiento de mayor importancia la Sierra de Toya, sin embargo los caudales que drena no superan los 0,5 l/s. Estas calcarenitas también se encuentran directamente sobre el Cretácico prebético alcanzando hasta 50 m de espesor, aunque el tamaño de grano es algo superior.

#### **6.4.4. Funcionamiento hidrogeológico**

##### **6.4.4.1. Caracterización de acuíferos y definición geométrica**

Este acuífero, sin catalogar hasta la fecha, está constituido por las dolomías liásicas de la cobertera tabular de la Meseta, que afloran desde el norte de Canena y Rus hasta las inmediaciones de Villanueva del Arzobispo, a ambas márgenes del río Guadalimar, y se hunden hacia el sur-sureste bajo los depósitos miocenos de la Loma de

Úbeda y Villacarrillo. Por su situación geográfica, y debido a las características de las explotaciones que en él se realizan, se propone su inclusión en la actual Unidad de Úbeda, que hasta la fecha sólo incluía el acuífero del Mioceno superior, suprayacente en su práctica totalidad a éste, aunque aislado de forma natural del mismo por la potente formación de margas miocenas que los separan. Su disposición general y esquema hidrogeológico se muestra en la Figura 1.

Aunque oficialmente no ha sido definido hasta la actualidad, su explotación viene realizándose con cierta intensidad desde la década de los noventa y en algunos estudios hidrogeológicos anteriores se le cita como dolomías liásicas de la cobertera tabular de la meseta (Rey et al, 1998). Este estudio contiene ya una primera definición de su contexto geológico, geometría, comportamiento hidrogeológico y caracterización geoquímica de sus aguas, cuyos datos se han utilizado para el presente informe.

El horizonte acuífero aflora, como se ha indicado, en el valle del río Guadalimar, a cotas de 400-450 m al norte de Canena y Rus, de 600-650 m en las inmediaciones de Navas de San Juan, de 700-800 m entre las poblaciones de Castellar de Santisteban y Sorihuela del Guadalimar y próximas a 600 m al norte de Villanueva del Arzobispo y este de Beas de Segura. En general las mayores cotas de los afloramientos se sitúan al norte del río Guadalimar, mientras que hacia el sur son inferiores a 600 m. La extensión total de los afloramientos permeables del Jurásico, hasta el contacto con las margas miocenas que lo recubren a techo, es de unos 252 km<sup>2</sup>, si bien localmente quedan restos discontinuos de materiales margo-arenosos miocenos sobre el acuífero. El acuífero es atravesado de noreste a suroeste por el río Guadalimar, que entra en el mismo a cotas próximas a 430 m en su extremo oriental y lo abandona a unos 360 m al sur de Navas de San Juan, tras un recorrido de unos 25 km sobre el horizonte acuífero.

La potencia del horizonte acuífero es muy variable en los afloramientos y alcanza su máximo espesor conocido al norte de Villacarrillo (superior a 70 m), disminuye hacia el oeste a 30-50 m al norte de Sabiote y a menos de 10 m al norte de

Rus, desapareciendo totalmente al oeste de Canena. Hacia el este también disminuye desde el máximo citado, sin que se superen los 20 metros frente a Villanueva del Arzobispo.

El acuífero carbonatado jurásico aparece en superficie subhorizontal o con suaves buzamientos hacia el sur-sureste (de entre 5 y 15°) y reposa directamente sobre los materiales triásicos que constituyen el impermeable de base y el límite septentrional del acuífero. Hacia el sur, se sumerge bajo los depósitos del Mioceno, convirtiéndose en un acuífero cautivo y en carga, como veremos, a escasa distancia de sus afloramientos, debido a que los materiales que se encuentran a techo son, esencialmente, margosos impermeables de 200 a más de 500 m de potencia, si bien, éstos a techo y muro albergan, en ocasiones, niveles productivos de menor interés acuífero: las areniscas y calcarenitas del Tortoniense superior-Andaluciense a techo (que eran consideradas hasta la fecha como el acuífero principal de la Unidad de Úbeda) y niveles discontinuos de arenas y conglomerados en la base; dichos niveles presentan espesores de hasta 10-15 m en el caso de los conglomerados y pueden llegar a alcanzar los 50 m para las arenas, si bien éstas desaparecen lateralmente, al tratarse de depósitos de relleno de pequeñas cubetas que tuvieron lugar en el episodio transgresivo del Tortoniense. Dichos depósitos han sido puestos de manifiesto tanto en superficie, en las inmediaciones de Guadalupe-El Mármol, como en profundidad en los sondeos del área de Mirabuenos, junto al arroyo del Villarejo (Rey et al 1998). Mientras que los niveles situados a techo de las margas constituyen un acuífero independiente de tipo libre y multicapa, los ya citados, que se sitúan a muro, deben estar en continuidad hidráulica con el acuífero jurásico allí donde existan en profundidad. Por último cabe destacar que las propias margas pueden contener niveles detríticos arenosos de cierta permeabilidad y escasa continuidad lateral (tipo lentejonar), especialmente hacia su parte superior, que aunque de mínimo interés para su captación pueden tener una importante incidencia en la calidad local del agua obtenida mediante sondeos. En ese mismo sentido, destaca la presencia de un acuífero multicapa y discontinuo en la base del Triás, que al ser alcanzado mediante sondeos

bajo el Jurásico produce igualmente alteraciones de la calidad del agua en el acuífero que nos ocupa.

El acuífero jurásico de la cobertera tabular de la meseta está limitado hacia el este por los cabalgamientos prebéticos que conforman el acuífero de Sierra de Las Villas (Unidad de Cazorla), aunque cabe la posibilidad de que en profundidad esté en contacto con los materiales del Jurásico Prebético, al menos localmente. Hacia el sur el límite lo marcan las Unidades Olistostrómicas de la Depresión del Guadalquivir y hacia el oeste desaparece progresivamente por acuñamiento, ya que según datos de perfiles sísmicos no se detecta al oeste de Canena ni Baeza. Con dichos límites la extensión del acuífero jurásico bajo las margas del Mioceno sería de unos 626 km<sup>2</sup>, con lo que la superficie total del acuífero jurásico sería de 878 km<sup>2</sup> y la nueva Unidad de Úbeda algo superior a 900 km<sup>2</sup>, ya que de los 168 km<sup>2</sup> que ocupa el acuífero del Mioceno superior unos 23 se sitúan fuera de los límites definidos para el Jurásico.

Para el conocimiento de la geometría del acuífero Jurásico en profundidad se ha dispuesto de un informe que analiza los resultados de diferentes líneas sísmicas realizadas en la cuenca de Baeza (ITGE, 1998), de una campaña de geofísica mediante 47 sondeos eléctricos verticales (S.E.V.), realizada por el ITGE para este Proyecto, y de los datos proporcionados por 33 sondeos mecánicos para captación de agua que proporcionan información sobre las litologías atravesadas. Teniendo en cuenta dicha información se han elaborado sendos mapas de profundidad y cota del techo del Jurásico y otro de isopacas del acuífero (figuras 2 a 6.4) que permiten conocer con cierta precisión su disposición bajo las margas miocenas, si bien hay que indicar que el de isopacas cuenta solamente con 16 datos de sondeos mecánicos, al no detectarse el muro del jurásico con precisión ni en la sísmica ni en la geofísica eléctrica. Por otra parte, los espesores indicados en sondeos suelen ser mínimos (algunos no alcanzan el muro con seguridad) y no son excesivamente fiables.

Como se puede observar en las citadas figuras, la profundidad a que se sitúa el techo del acuífero jurásico aumenta desde unos 100 m, a 1-2 km de sus afloramientos, hasta superar los 700-800 m al sur de Úbeda. Las pendientes del mismo están comprendidas generalmente entre el 1,5 y el 5 % hacia el norte (equivalentes a buzamientos de 1 a 3°), entre Canena, Rus, Sabiote y Villacarrillo, mientras que al sur de la línea Úbeda-Torreperogil se incrementan al 11-12 % (entorno a 7°), con tendencia general hacia el sur-sureste y con buzamientos aparentemente similares o inferiores a los observados en superficie. La cota del techo descende progresivamente, aunque con distorsiones locales, desde unos 500 m s.n.m. hasta alcanzar 100 m s.n.m. al sur de Úbeda y Torreperogil. Aunque el trazado de las isohipsas no permite mayor precisión a esa escala, se sabe por los datos de las líneas sísmicas que el jurásico está ligeramente plegado en profundidad y afectado por fracturas de dirección predominante NE-SO y otras menos frecuentes NNO-SSE, que afectan tanto al zócalo como a las dolomías liásicas. En concreto el estudio de líneas sísmicas detecta una fosa de unos 30-40 m de hundimiento en una posición intermedia entre Canena y Baeza por el oeste y en dirección hacia Sabiote, una falla situada próxima a la línea Úbeda-Sabiote de más de 100 m de salto y cuyo bloque hundido es el meridional, y otra inmediatamente al norte de Canena con un hundimiento variable de 100 a 180 m, esta vez en el bloque septentrional. Estos accidentes tectónicos pueden provocar desconexiones hidráulicas más o menos acusadas en el acuífero confinado y ocasionar compartimentaciones internas del mismo que sería conveniente definir en estudios de mayor detalle.

Por lo que respecta a los espesores del acuífero confinado, los datos disponibles muestran una distribución con máximos aparentes próximos a 100 m al sur de Villacarrillo y al este de Sabiote y Torreperogil, mientras que en la zona central hay una banda N-S de espesores inferiores a 50 m. Como se verá, es precisamente en esa banda donde se han obtenido los mayores caudales puntuales en sondeos, lo que lleva a pensar que los datos de espesor disponibles no son del todo fiables, dado que la elevada productividad de los sondeos perforados por el sistema de perforación rotoperforación

neumática (utilizado en la mayoría de los casos), tienen dificultades cuando la presión de agua o el caudal fluente es elevada.

En definitiva, cabe pensar que el espesor de acuífero sea más o menos uniforme y próximo a los 100 m en toda su extensión, acuñándose solamente en las inmediaciones de sus límites deposicionales situados al este y sur.

#### 6.4.4.2. Piezometría

La definición de la superficie piezométrica en el acuífero jurásico de la Unidad de Úbeda presenta ciertas dificultades con la información actualmente disponible, dado que son frecuentes los sondeos que atraviesan varios de los potenciales acuíferos existentes en el área sin un adecuado aislamiento de los mismos (Triás y Jurásico, Jurásico y Mioceno o incluso otros de menor interés del Tortonense inferior), lo que provoca evidentes anomalías en la posición del nivel piezométrico de algunos puntos al interconectar niveles de diferente potencial. En la zona de acuífero libre algunos sondeos alcanzan, incluso, materiales paleozoicos, que también en ocasiones pueden contener acuíferos con diferente piezometría. Por otra parte son pocos los sondeos en que se puede medir el nivel piezométrico, por su escaso diámetro y su régimen de funcionamiento. No obstante, a partir de las medidas realizadas entre marzo y junio de 1.996 en 25 sondeos que captan el acuífero libre y otros 41 del confinado ha sido posible trazar un mapa de isopiezas, al menos orientativo, que se muestra en la Figura 5. Por comparación del mismo con el mapa de isohipsas del techo del jurásico se ha trazado también un mapa que refleja la carga hidráulica sobre el techo del jurásico (Figura 6) y, por último, se incluye un mapa orientativo de la profundidad del agua en el acuífero jurásico, medida desde la superficie del terreno (Figura 7). Las isopiezas correspondientes al acuífero del Mioceno incluidas en la Figura 5 están basadas en 49 medidas realizadas en julio de 1.994, si bien las diferencias con otras épocas deben ser poco significativas. Teniendo en cuenta dichos mapas y el resto datos disponibles, cabe

hacer las siguientes consideraciones de interés respecto a la piezometría del acuífero jurásico y su relación con los acuíferos próximos.

1) En la zona del acuífero Jurásico de carácter libre y situada al norte del río Guadalimar las cotas del agua están comprendidas entre 400 y 500 m, con flujos dirigidos generalmente desde el centro de los afloramientos hacia sus bordes y hacia el propio río Guadalimar, y con un gradiente hidráulico comprendido entre el 1 y el 5 %. Los manantiales más significativos asociados al acuífero jurásico (con caudales comprendidos entre 1 y 10 l/s en 1.996) se sitúan precisamente en los bordes de estos afloramientos, a cotas comprendidas entre 410 y 480 m, en la margen derecha del río Guadalimar y a mayor cota que el río. Los restantes manantiales ligados al jurásico son de caudales inferiores a 1 l/s y aparecen próximos a los bordes de los afloramientos, con cotas de hasta 715 m, correspondiendo a niveles colgados (del propio acuífero jurásico o, en ocasiones, incluso, de materiales miocenos suprayacentes). Cabe destacar por otra parte la diferente piezometría que presentan los sondeos próximos a los bordes del Jurásico y que captan con seguridad el Triás, con niveles de agua comprendidos entre 490 y 670 m s.n.m., en ocasiones superiores en un centenar de metros al correspondiente al nivel de agua del Jurásico en las inmediaciones. Tal carga hidráulica es difícil de explicar con el conocimiento hidrogeológico existente, y podría indicar una posible conexión hidráulica de los horizontes triásicos profundos con los materiales permeables del Prebético situados al este, en la Sierra de las Villas, cuyas cotas del agua son muy superiores (entre 705 y 872 m s.n.m. en las inmediaciones de Villanueva del Arzobispo, como muestra la Figura 5). En algunos casos también pudiera tratarse de niveles de agua colgados, similares a los que ocasionan los manantiales de borde ya citados, aunque la profundidad de los sondeos y la inexistencia de columnas litológicas fiables impiden confirmar una u otra hipótesis.

2) Al sur del río Guadalimar, el nivel de agua se sitúa por debajo de 400 m s.n.m., con gradiente descendente hacia el sur-sureste, desde el río hacia el acuífero, por lo que no se puede descartar que exista una alimentación por infiltración de escorrentía

procedente del río. A distancias de 2-4 km, al sur del río, el acuífero entra en carga a escasa distancia de su recubrimiento por las margas miocenas, aumentando rápidamente la carga hidráulica sobre el techo del Jurásico hasta alcanzar más de 300 m al sur de Úbeda, Torreperogil y Santo Tomé, y valores de hasta 500 m cerca del límite meridional del acuífero (véase Figura 6).

3) En el sector de acuífero cautivo bajo las margas miocenas las cotas piezométricas están comprendidas generalmente entre 270 y 450 m s.n.m., excepto en su extremo nororiental, al NE de Villacarrillo, donde se alcanzan cotas de hasta 620 m, y en la zona al oeste de Sabiote, en la que aparece un “domo” que supera los 450 m; los datos de sondeos de la zona de Villanueva del Arzobispo (véase Figura 5) son dudosos, ya que podrían atravesarse niveles productivos miocenos, por encima de las margas, con posibles niveles de agua colgados. De no ser así, tal elevación piezométrica indicaría una alimentación al acuífero jurásico procedente del acuífero de Sierra de Las Villas. En ese sentido, cabe destacar que los niveles de éste último se sitúan a cotas muy superiores a las del acuífero jurásico, comprendidas entre 700 y 870 m s.n.m. en las inmediaciones de Villanueva del Arzobispo, y de 400-450 m al NE de Santo Tomé.

Respecto al domo aparente situado en Sabiote pudiera tratarse tanto de una anomalía más o menos local producida por los niveles productivos del Tortoniense inferior que afloran en la zona de Guadalupe (al norte de Úbeda), como de una irregularidad puntual en sondeos mal contruidos que comuniquen los dos acuíferos principales (el jurásico y el del Mioceno superior). En cualquier caso, a partir de ambas zonas de piezometría más elevada, el flujo se dirige generalmente hacia la zona central del acuífero confinado, donde se concentran las principales explotaciones y los sondeos más productivos. El gradiente hidráulico en el sector confinado está comprendido entre el 0,8 y el 2,2 %, con un valor medio del 1,5 %, del orden de la mitad que en el acuífero libre, lo que prueba sus excelentes características hidráulicas.

4) Los niveles de agua en pozos y sondeos del acuífero del Mioceno superior se sitúan a cotas generalmente comprendidas entre 600 y 785 m s.n.m., y al tratarse de un acuífero multicapa hay manantiales incluso muy próximos entre sí pero a muy diversas cotas. El gradiente hidráulico de este acuífero es superior al del Jurásico, comprendido entre el 1,5 y el 10 %. En la zona próxima a Canena y Rus los niveles de este acuífero se sitúan a cotas muy inferiores, de 470-580 m, al alcanzar los afloramientos del acuífero sus más bajas cotas. En las zonas en que hay datos de los dos acuíferos (Mioceno y Jurásico) la diferencia de cota entre ellos es de 300-350 m, y los sondeos que los captan conjuntamente presentan cotas anómalas intermedias entre ambos si no están convenientemente aislados.

5) Hay que llamar la atención sobre las diferencias o saltos bruscos de nivel observados en algunos sondeos próximos entre sí y que alcanzan el acuífero jurásico confinado, ya puestos de manifiesto en algunos estudios (Rey et al 1998). Aunque en ocasiones se han interpretado exclusivamente como respuesta a la compartimentación interna del acuífero en bloques, por las fracturas que lo afectan en profundidad. La existencia de niveles de cierta productividad en el seno de las propias margas impermeables y otros a techo y muro de éstas impide sacar conclusiones definitivas al respecto, sin una minuciosa interpretación de los datos piezométricos y de columnas litológicas en cada caso concreto.

6) Por lo que respecta a la profundidad del agua en el acuífero jurásico (Figura 7), en general se sitúa a menos de 100 m en el acuífero libre excepto en la zona central de los afloramientos (hasta 180 m), y a profundidades variables de 100 a 250 en el sector confinado, con valores inferiores a 50 m al noreste de Villanueva del Arzobispo.

De la evolución piezométrica del acuífero no se dispone de información alguna, al no estar incluido en las redes oficiales de control, y ni siquiera hay sondeos con medidas en las dos campañas de piezometría más extensas realizadas hasta la fecha (1.994 y 1.996), al referirse a diferentes acuíferos. Del análisis de los pocos puntos

próximos medidos en ambas campañas no se concluye nada al respecto, al observarse en una misma zona ascensos o descensos relativos (desde descensos de 45 m hasta ascensos de 80 m, según zonas), lo que puede indicar la poca fiabilidad de los datos, probablemente debida a las anomalías puntuales ya citadas, relacionadas, probablemente con un deficiente aislamiento de acuíferos con diferente potencial.

#### **6.4.5. Parámetros hidráulicos**

Hasta la fecha no hay constancia de bombeos de ensayo realizados en sondeos que capten este acuífero, al menos documentados, por lo que se desconocen sus parámetros hidráulicos. Los caudales obtenidos en sondeos están comprendidos entre 1 y 50 l/s en el caso del acuífero libre (aunque generalmente son inferiores a 10 l/s) y entre 2 y 105 l/s en el confinado (la mayoría son inferiores a 25 l/s, con una media de 19 l/s en 58 sondeos con datos). En los sondeos próximos al borde de los afloramientos jurásicos los caudales obtenidos se reducen a 3-5 l/s, a pesar de captarse el Triás, tras algunos metros de Jurásico. En el mapa de la Figura 8 se muestran las isolíneas de caudales de explotación en sondeos según la base de datos del ITGE. Como se observa, se define una clara zona central en el acuífero confinado, en la que los caudales superan siempre los 20 l/s y localmente los 40 l/s, que precisamente coincide, a grandes rasgos, con la zona de menor espesor de acuífero antes aludida (Figura 4), lo que lleva a pensar que los sondeos en dicha zona no han llegado a atravesar totalmente el acuífero jurásico por dificultades de perforación ante su elevado caudal y presión de agua, aunque también pudiera ser efecto de un aumento de la permeabilidad debido a una mayor fracturación o karstificación en esa zona (en este último caso podrían tener incidencia los posibles aportes procedentes del río Guadalimar, dada su situación relativa).

Los pocos datos de caudales específicos disponibles dan valores del orden de 0,5 l/s/m para el acuífero libre y de hasta 3-5 l/s/m en el confinado. En la publicación citada (Rey et al 1998) se asignan al acuífero confinado transmisividades comprendidas entre 300 y 500 m<sup>2</sup>/día, cuya procedencia se desconoce aunque pueden ser coherentes

con las productividades observadas, si bien localmente podrían alcanzarse valores incluso superiores a 1000 m<sup>2</sup>/día. Respecto a la porosidad eficaz cabe esperar valores del orden del 0,5 % en el acuífero libre, de acuerdo con su naturaleza, y el coeficiente de almacenamiento del acuífero confinado puede considerarse próximo a 10<sup>-4</sup>, en ausencia de datos más fiables.

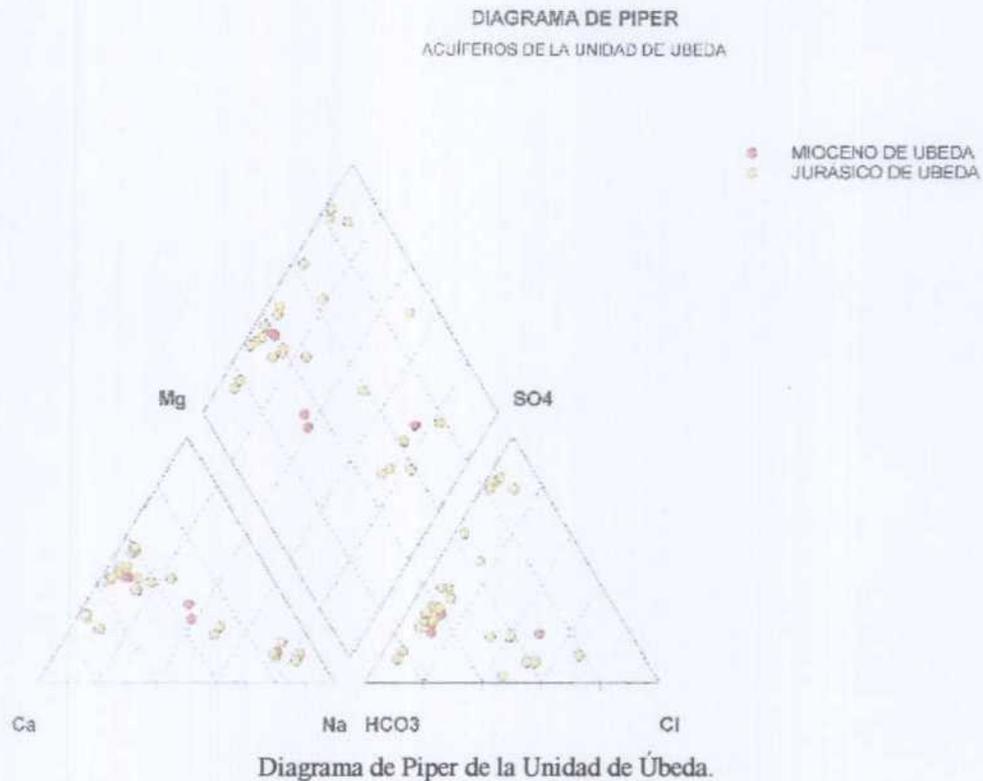
#### **6.4.6. Características físico-químicas**

##### **6.4.6.1. Calidad natural de las aguas subterráneas**

Para la caracterización hidroquímica de las aguas del acuífero se han utilizado 24 análisis químicos del acuífero jurásico, realizados en 18 puntos de agua (2 manantiales y 16 sondeos), todos posteriores a 1.996. Existe otros análisis más antiguos (en su mayoría de 1.967), pero sólo se han utilizado como apoyo, en determinados casos, para la caracterización de otros acuíferos limítrofes o puntos concretos en que no había información más reciente. También se han seleccionado, como referencia, otros 5 análisis de captaciones en el acuífero Mioceno (un pozo, una galería utilizada para abastecimiento público y un sondeo).

A partir de la información disponible se han realizado sendas tablas que reflejan respectivamente las características generales de los puntos de muestreo, los resultados analíticos y la caracterización general de las aguas (tablas 1.1 a 1.3 del anejo de Hidroquímica). Así mismo se han representado los datos en diagramas de Piper (uno general para la Unidad Hidrogeológica y otros por acuíferos), diagramas D'Amore para cada análisis, gráficos de correlación de la conductividad con cada uno de los aniones mayoritarios y de diversos aniones o cationes entre sí, y, en los puntos con más de 8-10 análisis, gráficos de evolución temporal de los aniones y cationes mayoritarios, correspondientes al período 1.989/1.997 (gráficos 1.1 a 1.3 del anejo de Hidroquímica).

Antes de comenzar la descripción de la calidad natural del agua conviene destacar que el estudio hidroquímico detallado de las aguas de este acuífero requeriría una especial atención y un cuidadoso muestreo de puntos bien seleccionados previamente, en función de sus características hidrogeológicas y constructivas, pues la presencia de varios acuíferos superpuestos, la existencia de numerosos sondeos que interconectan diferentes acuíferos, el desconocimiento preciso de los niveles productivos alcanzados en cada caso y la posibilidad de que se den complejas relaciones río-acuífero, o con acuíferos limítrofes, hace muy difícil la individualización y caracterización de cada nivel productivo por separado, máxime ante muestreos no simultáneos en el tiempo y con diferentes condiciones hidrodinámicas de muestreo en cada punto. Esta dificultad queda bien patente en el gráfico de Piper general de la Unidad. En efecto, como se puede observar, las facies del agua en los puntos situados dentro de la Unidad son tremendamente variables, incluso para un mismo nivel productivo, estando representadas prácticamente todas las facies hidroquímicas puras y numerosos tipos mixtos en varios de los acuíferos del entorno: desde las típicamente bicarbonatadas cálcicas o magnésicas (presentes en el Mioceno, en el Jurásico y en pozos que sólo atraviesan margas miocenas) hasta las fuertemente cloruradas sódicas (en puntos del Tías, manantiales de Sierra de Las Villas, Jurásico confinado y pozos en margas), pasando por otras sulfatadas cálcicas (en el Mioceno y Jurásico) y todo tipo de facies mixtas o intermedias.



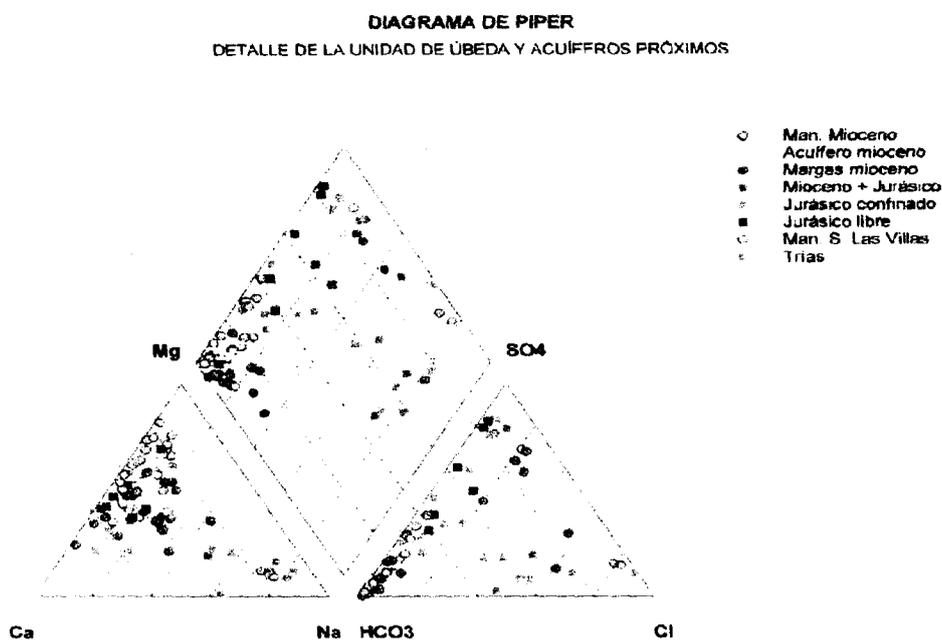
Hecha esta salvedad, los datos disponibles pueden considerarse suficientes para realizar una definición y caracterización preliminar de la calidad del agua del acuífero, aunque no para explicar fenómenos anómalos o detalles puntuales que habrían de ser objeto de un estudio específico mucho más profundo.

En el acuífero jurásico, las aguas presentan una salinidad variable de baja-media a alta o muy alta, con conductividades comprendidas entre 258 y más de 3.250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y con facies variables desde bicarbonatadas (cálcicas, sódicas o magnésicas) hasta sulfatadas cálcicas o cloruradas sódicas. Los componentes mayoritarios presentan también amplios rangos de variación en los análisis disponibles: entre 23 a 1.340 mg/l para los sulfatos, de 12 a 540 mg/l los cloruros, 5 a 433 mg/l para el sodio, 28 a 472 mg/l para el calcio, etc.

El intento de precisar más en la caracterización de las aguas lleva necesariamente a la consideración puntual de las características constructivas y litológicas de las diversas captaciones, en los casos en que se dispone de información fiable al respecto, y así, para los distintos acuíferos cabe precisar los siguientes aspectos:

1) En la zona del acuífero Jurásico de carácter libre, próxima a los afloramientos, (manantiales 203630009 y 213550001 y sondeo 203640008) las aguas son generalmente bicarbonatadas cálcicas o magnésicas y de conductividad media o alta, inferior en general a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los contenidos analizados en los diversos iones son también típicos de aguas subterráneas, con valores siempre inferiores a 375 mg/l de bicarbonatos, 160 mg/l de sulfatos, 25 mg/l de cloruros, 15 mg/l de sodio, 65 mg/l de magnesio y 140 mg/l de calcio. Destaca, sin embargo, en este sector del acuífero el elevado contenido en nitratos (comprendido entre 50 y 120 mg/l en todas las muestras analizadas), que debe responder probablemente a contaminación por actividades agrícolas sobre los afloramientos jurásicos. Algunos sondeos situados cerca de los bordes de los afloramientos jurásicos, o de mayor profundidad relativa (caso de los sondeos 203570012, 70013 y 203630015), captan en profundidad materiales triásicos, y presentan características del agua muy diferentes de las anteriores: conductividades de 1.200 a 1.900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , facies sulfatadas cálcicas y contenidos de sulfatos, magnesio y calcio netamente superiores a los reseñados (480 a 1.060 mg/l de sulfatos, 97 a 142 mg/l de magnesio y 172 a 320 mg/l de calcio). Sus concentraciones en nitratos, son, por el contrario, claramente inferiores (7 a 25 mg/l, en los tres sondeos citados). Estas anomalías relativas estarían condicionadas por la presencia de materiales evaporíticos en el Trías y por la mayor protección del mismo ante los contaminantes de origen agrícola.





Diagra de Piper de la Unidad de Úbeda y acuíferos próximos.

2) En el sector confinado del acuífero jurásico las aguas presentan generalmente una conductividad superior a la del acuífero libre, comprendida entre 700 y 2.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , salvo valores puntuales y que se pueden considerar anómalos en los que se superan los 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; este último es el caso de los sondeos 213620034 (que al parecer alcanza el Triás) y 203650055 (situado al Oeste de Canena y sin datos muy precisos, pero que, por su ubicación, pudiera atravesar directamente el Triás bajo los sedimentos miocenos). El primero es de facies sulfatadas cálcicas congruentes con los materiales triásicos y el segundo presenta una facies mixta sulfato-clorurada sódico-cálcica, probablemente como resultado de fenómenos de mezcla de aguas (en este caso, del Triás y Mioceno, sin que se pueda descartar que atravesase algunas dolomías liásicas). Dichos puntos anómalos presentan, por otra parte, las máximas concentraciones analizadas de sulfato (1.340 y 1.090 mg/l) y calcio 472 y 170 mg/l), similares o superiores a las ya citadas para sondeos del acuífero libre que atraviesan el Triás. Las concentraciones iónicas de los restantes sondeos que pudiéramos considerar representativos del acuífero confinado son muy variables y, en general, superiores a las del acuífero libre: comprendidas entre 20 y 540 mg/l para los cloruros, 23 y 260 mg/l para los sulfatos, 25 y 433 mg/l el sodio

y 28 y 106 mg/l el calcio. El acuífero confinado destaca por su bajo contenido en nitratos, inferior a 15 mg/l en todas las muestras analizadas excepto en el sondeo 213610031, (en el que sube a 46 y 82 mg/l en dos análisis realizados, y que se sitúa próximo al límite del acuífero confinado) y en el sondeo 203680017 (con 38.7 mg/l de nitratos), que al parecer capta conjuntamente el Mioceno y el Jurásico, y que además es fuertemente anómalo en otros parámetros entre los que destacan 42 mg/l de nitritos y 26 mg/l de DQO, sin que se pueda dar una explicación para estos valores.

3) La distribución espacial de la conductividad y facies hidroquímicas en el acuífero confinado pone de manifiesto, por otra parte, una cierta evolución de la calidad natural del agua dentro del acuífero en el sentido general del flujo. En efecto, si se observan los mapas de isoconductividad (en el que se han incluido las facies) y los de isolíneas de cloruros y sulfatos (figuras 9 a 11), se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Si se exceptúan los puntos anómalos ya citados que captan en profundidad materiales triásicos y presentan elevada conductividad y facies sulfatadas cálcicas, se observa que las conductividades inferiores a 1.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  corresponden en general a facies bicarbonatadas y se sitúan en la parte más septentrional del acuífero, aunque hacia el sur-sureste hay ya una gradación progresiva y una evolución en el sentido del flujo desde cálcicas a magnésicas y por último sódicas.

- También en el sentido del flujo, las conductividades se incrementan progresivamente a 2.000 y 2.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , evolucionando paralelamente las facies a cloruradas sódicas. Los valores de cloruros evolucionan en igual sentido desde menos de 100 mg/l hacia el norte hasta superar los 400-500 mg/l hacia el sur-sureste, mientras que en los sulfatos se observa una gradación inversa (excluidos, claro está, los valores locales anómalos de sondeos que captan el Trías) ya que disminuyen desde poco más de 200 mg/l al norte hasta menos de 100 mg/l al sur. Aunque en los muestreos disponibles no se han determinado generalmente la temperatura del agua ni el sulfídrico, hay constancia de que precisamente en la zona más meridional próxima a los límites del acuífero

confinado se detectan las mayores temperaturas (hasta 33-40°C frente a valores habituales de 25 a 28°C en este acuífero) y es frecuente en los sondeos un típico olor a sulfhídrico (Rey et al, 1998). Esta misma fuente considera la posible existencia de procesos bacterianos de reducción que afectan al quimismo de estas aguas, que implicarían, entre otras, una disminución de sulfatos y nitratos y la aportación de amonio, CO<sub>2</sub> y sulfhídrico al medio, hechos coherentes con algunas de las anomalías observadas en el acuífero hacia sus límites meridionales.

En el marco de este Proyecto se ha realizado un estudio geoquímico e isotópico de la zona de Villacarrillo-Mogón objeto de investigar la relación de las aguas del acuífero confinado con las del Jurásico libre próximo al río Guadalimar y con las de calizas y dolomías del Prebético situadas al este (acuífero de Sierra de Las Villas, esencialmente), cuyas conclusiones más significativas se resumen a continuación:

- Destaca en primer lugar la gran variabilidad de facies hidroquímicas, tanto en el jurásico confinado como en las posibles áreas de origen del agua (jurásico del Guadalimar y acuífero de Sierra de las Villas), que impide asignar a cada zona una composición inequívoca y sacar conclusiones claras, aunque confirma la relación de las facies sulfatadas cálcicas con los materiales triásicos subyacentes a las dolomías del Lías.
- Confirma la relación geoquímica entre el agua del acuífero confinado y la del jurásico libre que aflora junto al río Guadalimar, del que debe proceder parte de la alimentación de aquél. Desde el punto de vista exclusivamente geoquímico no es concluyente, por el contrario, respecto a la posible relación del agua del acuífero confinado con la del vecino acuífero de Sierra de Las Villas.
- El análisis de isótopos estables pone de manifiesto una mayor relación del acuífero confinado con las aguas de la cobertera tabular, sin que se pueda descartar una mezcla con aguas de la Sierra de Cazorla. Tampoco se podría descartar, aunque no es objeto

específico de estudio ni análisis, la posible influencia de aguas superficiales del río Guadalimar sobre las del acuífero Jurásico (tanto libre como confinado), dada la presencia de valores relativos de deuterio muy negativos (inferiores a  $-40$  ‰ SMOW) asociados a procesos de evaporación previa a la infiltración.

- Los análisis de tritio no permiten sacar conclusiones definitivas sobre la antigüedad del agua, por las indeterminaciones propias del método, aunque en algunos de los puntos (a distancias muy variables de los afloramientos) se trata de aguas cuyo período de renovación es, sin duda, de más de 50-60 años (o hasta 500 años si se supone un modelo de mezcla total). En el punto del acuífero confinado situado más al sureste el contenido en tritio indica una edad bien inferior a 2-3 años o bien superior a 100 años, sin que se pueda despejar tal indeterminación.

Todos estos hechos son congruentes, en definitiva, con la estructura del acuífero jurásico, que aflora en el extremo septentrional y está en conexión en dicho sector con el río Guadalimar, mientras que hacia el sur y sureste acabaría en un “fondo de saco” que, en ausencia de explotaciones por bombeo, tendría una renovación del agua muy limitada o casi nula, siendo frecuente en esos casos la existencia de un ambiente fuertemente reductor y con aguas de elevada antigüedad.

#### 6.4.6.2. Vulnerabilidad, focos de contaminación y contenido en nitratos de las aguas subterráneas

El acuífero jurásico de la Unidad de Úbeda se puede considerar muy vulnerable a la contaminación en las zonas próximas a sus afloramientos, al tratarse de un material con permeabilidad por fisuración y karstificación, especialmente allí donde los niveles de agua estén menos profundos. No obstante, la existencia de un relativo desarrollo de suelos en la zona podría amortiguar los efectos de una posible contaminación.

La zona de acuífero confinado tendría una vulnerabilidad mínima respecto a la contaminación directa por focos superficiales, dado su importante recubrimiento de margas impermeables a techo, aunque sería muy vulnerable ante posibles contaminantes introducidos directamente en sondeos (vertidos accidentales o de cualquier tipo en sondeos abandonados que alcancen el jurásico) o, de forma indirecta, por contaminación procedente de otros acuíferos superiores que podría alcanzar el mismo a través de sondeos que comuniquen varios acuíferos, como de hecho es frecuente en la zona.

De las encuestas municipales de focos de contaminación realizadas para el Proyecto, cuya tabla-resumen se incluye en el Anejo de Hidroquímica (tabla nº 5), cabe destacar la presencia, dentro del ámbito de la Unidad de Úbeda, de 12 focos potenciales de contaminación, cuya situación, número de orden y calificación desde el punto de vista de su posible afección a las aguas subterráneas, se muestra en la Figura 12. De los focos detectados en la Unidad, en realidad los únicos a considerar para el análisis del acuífero Jurásico son los del municipio de Navas de San Juan, algunos de los cuales están situados directamente sobre afloramientos del acuífero libre ( nº 15, 16 y 19 a 21 de la citada figura), que como se ha visto presenta una vulnerabilidad alta. Los restantes focos reseñados afectarían a materiales triásicos (17 y 18, cuyo grado de afección sería bajo en principio) o a las terrazas del río Guadalquivir (puntos 10, 11 y 12, del municipio de Santo Tomé y nº 14, de Villacarrillo), con grado de afección variable, aunque sin incidencia, al menos directa, sobre el acuífero jurásico confinado. Un último foco se sitúa sobre margas miocenas en el municipio de Chillúever (nº 1 del mapa), próximo al acuífero de Sierra de Las Villas y sin previsible incidencia sobre el jurásico confinado.

Por lo que respecta a los focos citados de Navas de San Juan, cabe destacar dos correspondientes a “almacenes de líquidos industriales sobre terreno natural”, cuyo impacto o posible grado de afección se considera elevado, con posible aporte de residuos orgánicos (nº 19 y 20), un vertedero de residuos sólidos urbanos con grado de afección medio (nº 16), y dos puntos cuyo grado de afección se califica, en principio,

bajo, correspondientes respectivamente a una granja (nº 15) y a un vertido líquido de residuos industriales ( nº 21, con posibles contaminantes orgánicos y metales). Todos ellos deberían ser objeto de un estudio local más detallado, especialmente por situarse, en algún caso, próximos a sondeos utilizados para abastecimiento público del propio núcleo de Navas de San Juan, en casos de emergencia, aunque habitualmente están en reserva (sondeos 203570012 y 70013).

Por otra parte, las concentraciones en nitratos de las aguas subterráneas ya se han comentado con carácter general en el apartado anterior, si bien el muestreo específico de nitratos realizado para el Proyecto en noviembre/diciembre de 1.998, cuyos resultados se resumen en la tabla nº 6 del Anejo de Hidroquímica, incluye 7 puntos en esta Unidad, de los que 2 captan el acuífero libre, 2 el acuífero confinado y 3 el acuífero libre en su zona de borde, atravesando el Trías (éstos últimos muy próximos todos al casco urbano de Navas de San Juan).

Las concentraciones de nitratos en esta campaña confirman plenamente la distribución de este parámetro antes expuesta para cada acuífero, con valores de 43 y 64 mg/l en el acuífero libre, 0 y 2 mg/l en el confinado y valores inferiores a 25 en dos de los sondeos que captan Jurásico y Trías, si bien, en el otro sondeo que capta Trías se ha determinado 290 mg/l, contenido elevado y que puede indicar una contaminación local en esa zona (sondeo 203530005, junto a Navas de San Juan). En este caso la contaminación puede tener su origen en alguno de los focos antes citados junto a dicho núcleo urbano, extremo que habría de ser comprobado mediante un estudio hidrogeológico local del entorno.

Las concentraciones en nitritos y amonio, también analizadas en dicho muestreo, son nulas en todos los puntos excepto en el sondeo 213660026, próximo al cauce del río Guadalquivir al norte de Santo Tomás y que capta el acuífero confinado, que presenta 10,6 mg/l de amonio. Este dato, aunque puntual, puede confirmar así mismo la

existencia de un ambiente reductor en la zona del acuífero confinado próxima a su límite meridional.

#### **6.4.7. Usos y demandas. Cálculo de explotaciones**

En esta Unidad no se dispone de una evaluación directa de los caudales de explotación realmente utilizados. La información disponible es la contenida en la base de datos del inventario del ITGE, en la que hay inventariados un total de 174 captaciones que estarían relacionadas con el acuífero Jurásico, de las que 18 son manantiales, 155 sondeos y la otra un pozo con sondeo.

Los 18 manantiales totalizan un caudal algo inferior a 50 l/s, aunque con medidas o estimaciones siempre puntuales y correspondientes a distintas fechas.

De los 155 sondeos se conoce el destino genérico del agua en 137, de los que 5 se destinarían a apoyo de abastecimientos urbanos en épocas de sequía, 117 a riego, 5 a riego y usos domésticos y 10 a industria u otros usos.

En doce de los sondeos que captan el acuífero confinado y uno del acuífero libre, el ITGE ha realizado dentro de este Proyecto una detallada encuesta de bombeo, que permite conocer los siguientes datos:

- Caudal total de explotación: 389 l/s
- Extracción anual: 1,79 hm<sup>3</sup>/año (equivalente a 57 l/s continuos, es decir a una utilización media del 15 % anual)
- Superficie regada: 1.166 has (en su totalidad olivar por goteo)
- Total olivos: 164.752 (marco medio de 8,4 x 8,4 m, o 141 olivos/ha)
- Dotación media: 1.535 m<sup>3</sup>/ha/año ó 10,8 m<sup>3</sup>/olivo/año

Como se puede deducir, la extracción media por sondeo es en este caso de unos 138.000 m<sup>3</sup>/año, que extrapolada a los 122 sondeos utilizados para riego alcanzaría cifras de explotación de hasta 17 hm<sup>3</sup>/año, sin contar posibles sondeos no inventariados o de uso desconocido actualmente.

Por otra parte, del análisis detallado del “Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía” (Junta de Andalucía, 1999) se pueden deducir con bastante aproximación las superficies destinadas a riego mediante aguas subterráneas. La información obtenida por esta vía se refleja en el cuadro nº 1 y se ha representado en el mapa de la Figura 6.13 para mostrar la relación entre áreas de riego y zonas del acuífero. Se ha incluido en la misma Figura la situación de sondeos para riego, con objeto de mostrar la relación entre éstos y las posibles zonas de riego.

En total, una vez descontadas las posibles zonas que, por su ubicación, pudieran regarse con aguas subterráneas de otro origen, la superficie total de riego es de 23.810 ha, de las que 11.925 ha corresponderían a riego con aguas subterráneas de la Unidad de Úbeda (el 99 % de olivar y el resto de cultivos extensivos, hortícolas y frutales). El consumo estimado en dicho inventario para esas zonas totalizaría 44,8 hm<sup>3</sup>/año, de los que 22,7 procederían de aguas subterráneas, sin que se hayan diferenciado zonas con riego por manantiales. El tipo de riego es prácticamente al 100 % de tipo localizado, y la dotación media resultante sería de unos 1.905 m<sup>3</sup>/ha/año, algo superior pero similar a la deducida de las encuestas de bombeo. También la extracción global realizada es coherente con las cifras de explotación extrapoladas a grosso modo para los sondeos del Jurásico, ya que en el inventario de regadíos se incluirían posibles explotaciones del Mioceno y de otros niveles próximos (Triás, entre otros).

Por tanto, las extracciones para riego globalmente evaluadas podrían distribuirse, con el conocimiento que se tiene de esta Unidad, de la siguiente forma, dando por buenas las cifras más fiables obtenidas del Inventario de Regadíos:

- Manantiales del Mioceno: 1 hm<sup>3</sup>/año (unos 32 manantiales o galerías)
- Manantiales del Jurásico: 1,5 hm<sup>3</sup>/año (unos 18 manantiales)
- Bombeos del Mioceno: 2 hm<sup>3</sup>/año (unos 59 sondeos)
- Bombeos del Jurásico: 18,2 hm<sup>3</sup>/año (más de 137 sondeos)

**EXPLOTACIÓN TOTAL**                      22,7 hm<sup>3</sup>/año

Como se observa, unos 19,7 hm<sup>3</sup>/año corresponderían al acuífero jurásico, de los que la mayor parte procedería del sector confinado del acuífero, con mayor número de sondeos y mayores productividades relativas. La explotación deducida para el Mioceno también es coherente con los datos hasta la fecha disponibles para dicho acuífero y con el número de sondeos y productividad que suelen presentar.

Las extracciones para abastecimiento serían prácticamente despreciables en el acuífero Jurásico, ya que sólo hay constancia del uso esporádico de algunos sondeos como apoyo al abastecimiento público en épocas de sequía (tres en Navas de San Juan, dos en Castellar y uno en Sorihuela del Guadalimar), pues habitualmente se abastecen de los embalses de la zona. En cualquier caso, tanto estas posibles extracciones como las de los restantes sondeos de uso industrial u otro uso pueden considerarse poco significativas e incluidas ampliamente en el margen de error de las extracciones para riego.

#### **6.4.8. Balance hídrico**

El acuífero jurásico se alimentaría esencialmente de la infiltración directa del agua de lluvia sobre sus afloramientos permeables (unos 252 km<sup>2</sup>) y por infiltración directa en el cauce del río Guadalimar, que atraviesa sus afloramientos a lo largo de unos 25 km. Así mismo, hay que indicar que con el conocimiento actual, no se puede descartar una alimentación subterránea desde el vecino acuífero de Sierra de Las Villas,

si bien estas dos últimas entradas serían muy difíciles de evaluar con la información existente.

En condiciones naturales y en ausencia de explotaciones por bombeo, el acuífero libre descargaría directamente hacia el río Guadalimar la totalidad de sus recursos, y el acuífero confinado estaría totalmente saturado hasta su cota de desagüe, también hacia el río Guadalimar o hacia cauces secundarios situados al sur del mismo, en la franja entre el río y el contacto con las margas miocenas que lo confinan a techo.

A partir de los datos de las 5 estaciones tratadas en el Estudio Climático dentro de la zona (cuadro nº 2) se puede realizar un primer balance del acuífero. Para ello se han utilizado los valores medios de las cinco estaciones, cuya cota media es 738 m, muy similar a la de los afloramientos jurásicos, los cuales presentan una precipitación media anual, para el período de 35 años hidrológicos 1.960-61 a 1.994-95 es de 611 mm. El balance para ese período medio se puede plantear en los siguientes términos:

### **Entradas**

Se puede considerar, dada la naturaleza del acuífero y la existencia de suelos más o menos desarrollados, una reserva útil comprendida entre 25 y 50 mm. Para la media de las cinco estaciones la lluvia útil estaría comprendida entre 324 y 338 mm/año, en función de la reserva útil del suelo considerada.

Así mismo se estima adecuado un porcentaje de infiltración elevado (del orden del 60 %, como mínimo), al ser un área de escasa pendiente.

El total de entradas por infiltración del agua de lluvia para un año medio está comprendido, por consiguiente, entre 49 y 51 hm<sup>3</sup>/año.

## Salidas

En régimen natural, las únicas salidas se deben producir hacia el río Guadalimar y hacia los manantiales situados en la parte septentrional de los afloramientos, lo que supondría un aumento medio del caudal del río en el tramo que atraviesa el acuífero próximo a 1.050 l/s, supuesto que un tercio aproximadamente de las entradas calculadas descargara de forma dispersa por los afloramientos septentrionales. Desgraciadamente, los únicos datos disponibles al respecto son los medidos en la estación de aforos G-58 (río Guadalimar en Olvera), cuyo caudal medio para el período de 17 años 1950-51 a 1.966-67 es 405 hm<sup>3</sup>/año (unos 12.850 l/s), aunque variable entre 130 y 980 hm<sup>3</sup>/año. Tal aportación subterránea debe suponer, en términos medios, un 8 % de la aportación del río Guadalimar en dicha estación (ubicada próxima a la salida de los afloramientos jurásicos, aunque unos 3 km aguas arriba).

En las condiciones actuales, las salidas por bombeo desde el acuífero jurásico podrían superar los 18 hm<sup>3</sup>/año, y las descargas por manantiales localizados 1,5 hm<sup>3</sup>/año, con lo que aún habría que admitir unas descargas ocultas de hasta 31 hm<sup>3</sup>/año, que habría que intentar contrastar mediante aforos diferenciales en épocas de aguas bajas, dado que el elevado caudal del río en la zona en agua altas enmascararía totalmente tales descargas, dado el margen de error de los métodos de aforo y la proporción de tales descargas.

Entretanto no se aclara tal extremo no tendría sentido evaluar otras posibles fuentes de alimentación, salvo por su posible influencia en las características químicas del agua o para el estudio de las futuras posibilidades de utilización del acuífero para regulación general, ya que un incremento de los bombeos llevaría aparejada probablemente una recarga inducida desde el propio río Guadalimar, con lo que el acuífero presenta unas posibilidades excelentes para su recarga artificial y bombeo controlado. Este uso coordinado permitiría un importante papel en la regulación de aguas superficiales (del Guadalimar y, en su caso, del propio Guadalquivir, dada su

situación relativa) y, probablemente, una mejora de la calidad del agua del acuífero confinado, al aumentar sensiblemente su renovación.

ESTACION	NOMBRE	COORDENADAS (km)		ALTITUD m s.n.m.	Pm (mm)	LLUVIA UTIL (mm)				
		X UTM	Y UTM			ru= 10	ru= 25	ru= 50	ru= 75	ru= 100
5208	Castellar (La Parrilla)	491,8050	4234,8610	790	659	388	379	365	353	340
5209	Castellar de Santisteban	488,6450	4234,2485	760	644	377	368	355	342	329
5212	Villacarrillo	492,5194	4218,6790	794	589	322	313	300	287	274
5214	Navas de S. Juan (C.de A.)	472,2130	4226,5827	654	639	371	362	349	336	323
5215	Sabiote (Los Chortales)	478,2353	4212,3109	690	525	275	266	253	240	227
MEDIA				738	611	347	338	324	312	299

MUNICIPIO	CÓDIGO ZONA	S. R. (has)		A. M. AÑOS	C. A. S. (has)		D. m <sup>3</sup> /ha	C. (hm <sup>3</sup> /año)		P.S. (Mptas)	P.R.A.S.
		Total	A. S.		Olivar	(1)*		Total	A.S.		
Beas de Segura	2301202	874	157	10	124	33	3500	3,06	0,55	64	18,0
Canena	2302001	1335	401	15	401	0	2000	2,67	0,80	149	30,0
Castellar de Santisteban	2302501	840	269	10	269	0	2000	1,68	0,54	100	32,0
Cazorla (2)*	2302802	637	159	40	111	48	4500	2,87	0,72	66	25,0
Chiluevar (2)*	2303001	254	107	5	93	14	2000	0,51	0,21	43	42,1
Ibros	2304601	3241	1134	5	1088	46	1500	4,86	1,70	414	35,0
Navas de San Juan	2306301	1196	359	2	359	0	1500	1,79	0,54	134	30,0
Rus	2307401	2956	2365	5	2365	0	3000	8,87	7,10	882	80,0
Sabiote	2307501	2570	1285	7	1285	0	1500	3,86	1,93	479	50,0
Santisteban del Puerto	2307901	427	384	5	346	38	1800	0,77	0,69	150	89,9
Santisteban del Puerto (2)*	2307902	1799	1619	5	1619	0	2000	3,60	3,24	604	90,0
Sorhuela de Guadalimar	2308402	379	23	10	23	0	1500	0,57	0,03	8	6,1
Torreperogil	2308801	3662	2197	5	2197	0	1500	5,49	3,30	820	60,0
Úbeda (2)*	2309201	5841	291	10	235	56	2000	11,68	0,58	104	5,0
Úbeda	2309202	2142	793	7	793	0	2000	4,28	1,59	288	37,0
Úbeda	2309203	1313	263	7	263	0	2000	2,63	0,53	95	20,0
Villacarrillo (3)*	2309502	1000	850	5	850	0	1500	1,50	1,28	317	85,0
Villacarrillo	2309503	1810	1412	5	1412	0	1500	2,72	2,12	527	78,0
Villanueva del Arzobispo (4)*	2309701	301	129	5	129	0	1200	0,36	0,15	48	42,9
Villanueva del Arzobispo	2309702	190	171	5	171	0	1500	0,29	0,26	64	90,0
TOTAL GENERAL		32767	14368		14133	235		64,04	27,84	5356	43,8
TOTAL POSIBLE UNIDAD DE UBEDA		23810	11925		11808	117	1905	44,82	22,72	4440	50,1

(1)\* Otros cultivos: 106 has extensivos, 8 frutales y 121 horticolas, referido al total general

(2)\* Estas zonas podrían regarse con aguas subterráneas de otro origen, según su ubicación y/o antigüedad, por lo que no se contabilizan en Unidad de Úbeda

(3)\* Un 20 % de esta zona puede regarse con aguas del Acuífero de Sierra de Las Villas, según su ubicación

(4)\* Un 75 % de esta zona puede regarse con aguas del Acuífero de Sierra de Las Villas, según su ubicación

S.R. : Superficie de riego

A.M. : Antigua media

C.A.S. : Cultivo con aguas subterráneas

D. : Dotación

C. : Consumo

P.S. : Producción con aguas subterráneas

P.R.A.S. : Porcentaje de superficie de riego con agua subterránea

A.S. Agua subterránea

FIGURA 1.- ESQUEMA HIDROGEOLÓGICO DE LA UNIDAD DE ÚBEDA

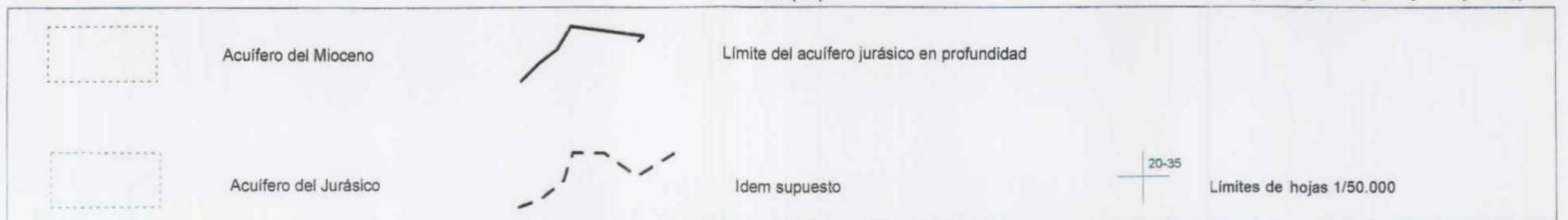
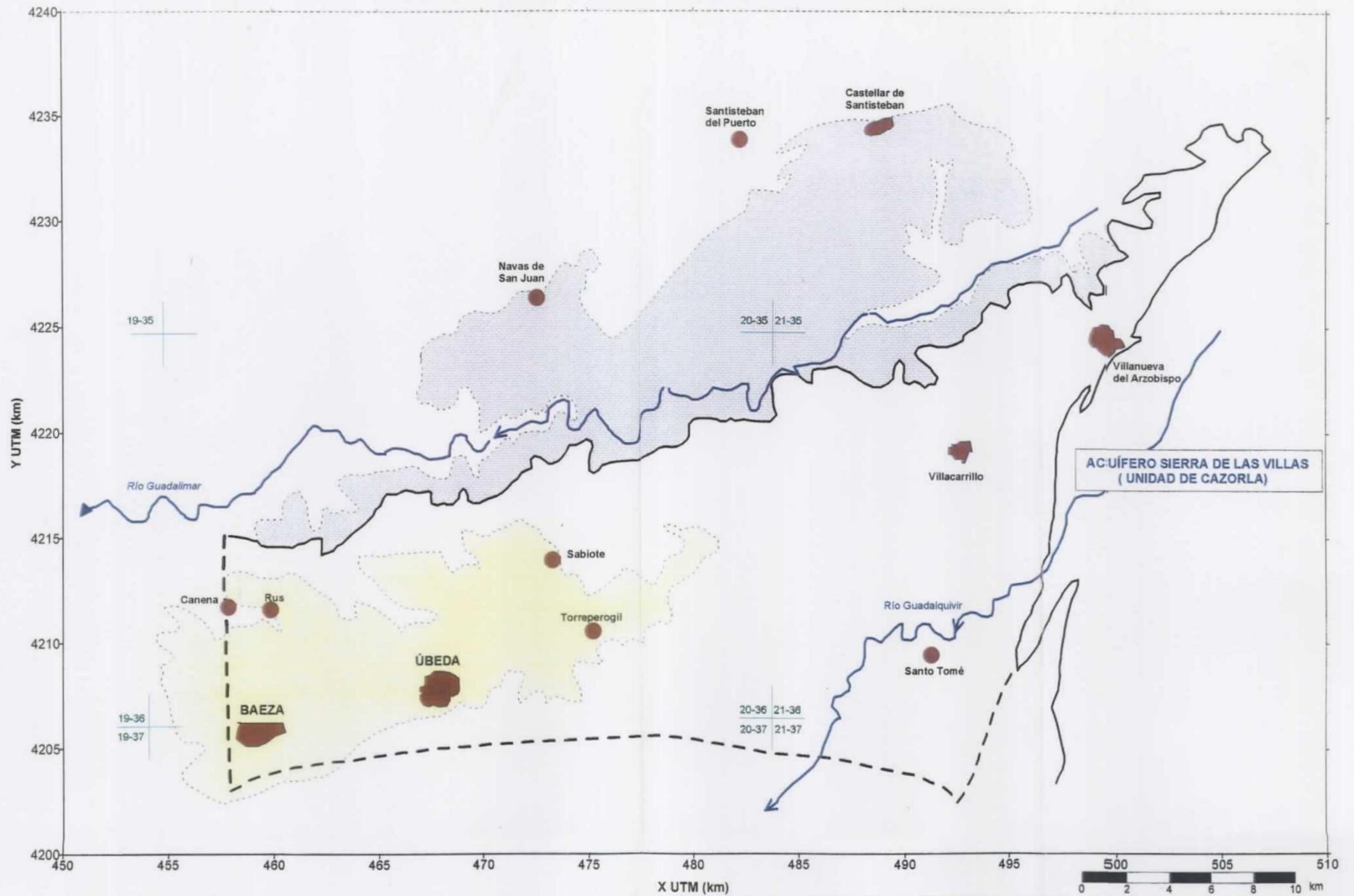


FIGURA 2.- ISOBATAS DEL TECHO DEL JURÁSICO

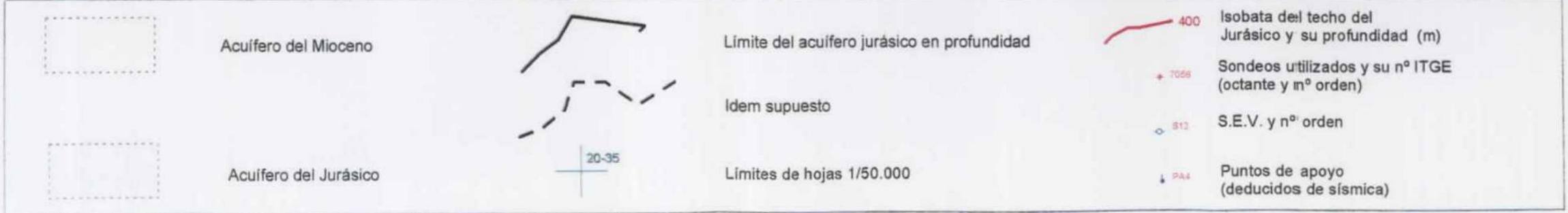
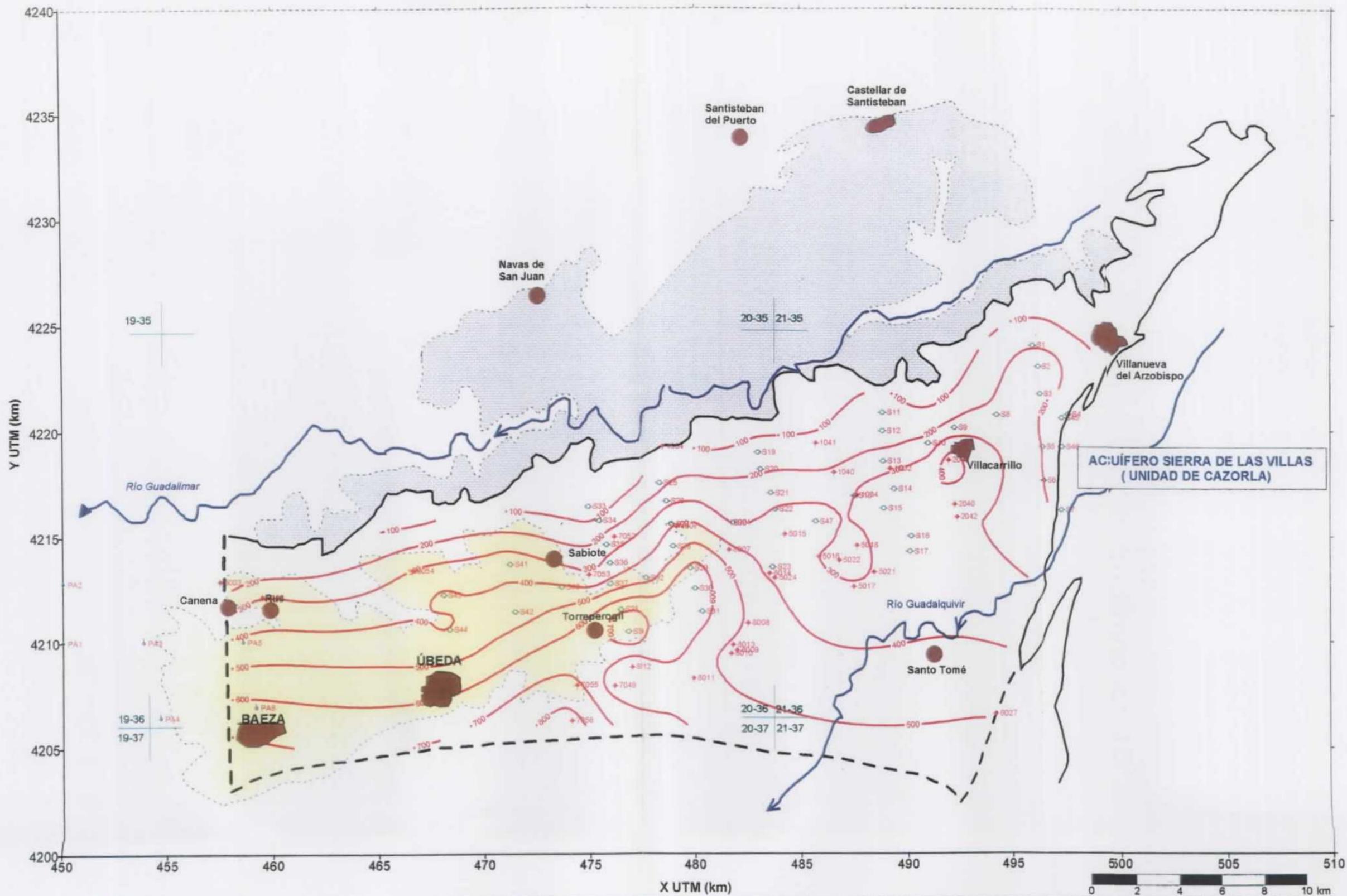




FIGURA 4.- ISOPACAS DEL JURÁSICO (m)

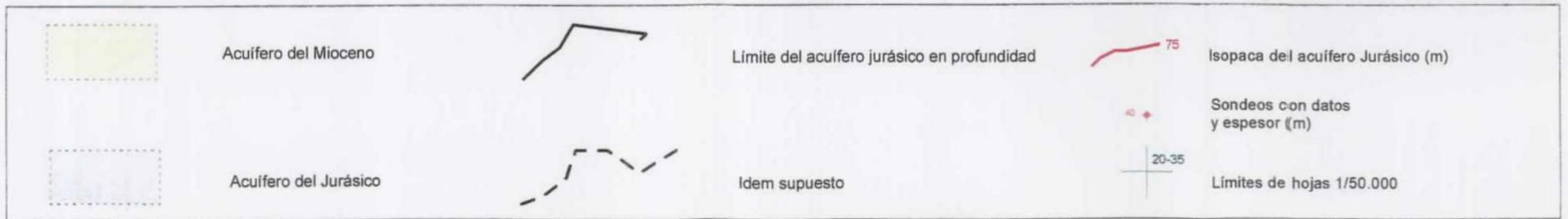
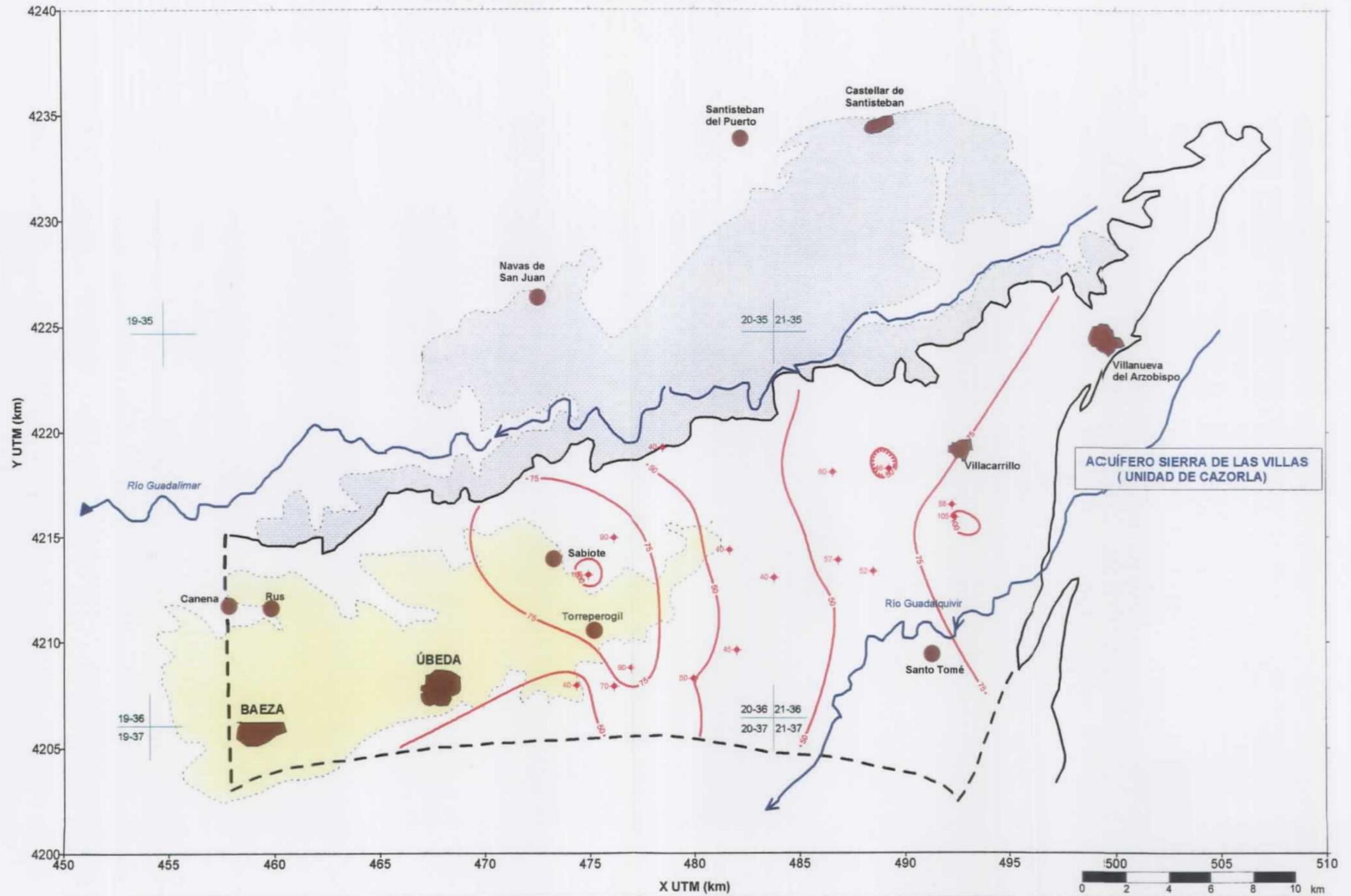


FIGURA 5.- ISOPIEZAS DE LOS ACUÍFEROS DE LA UNIDAD DE ÚBEDA

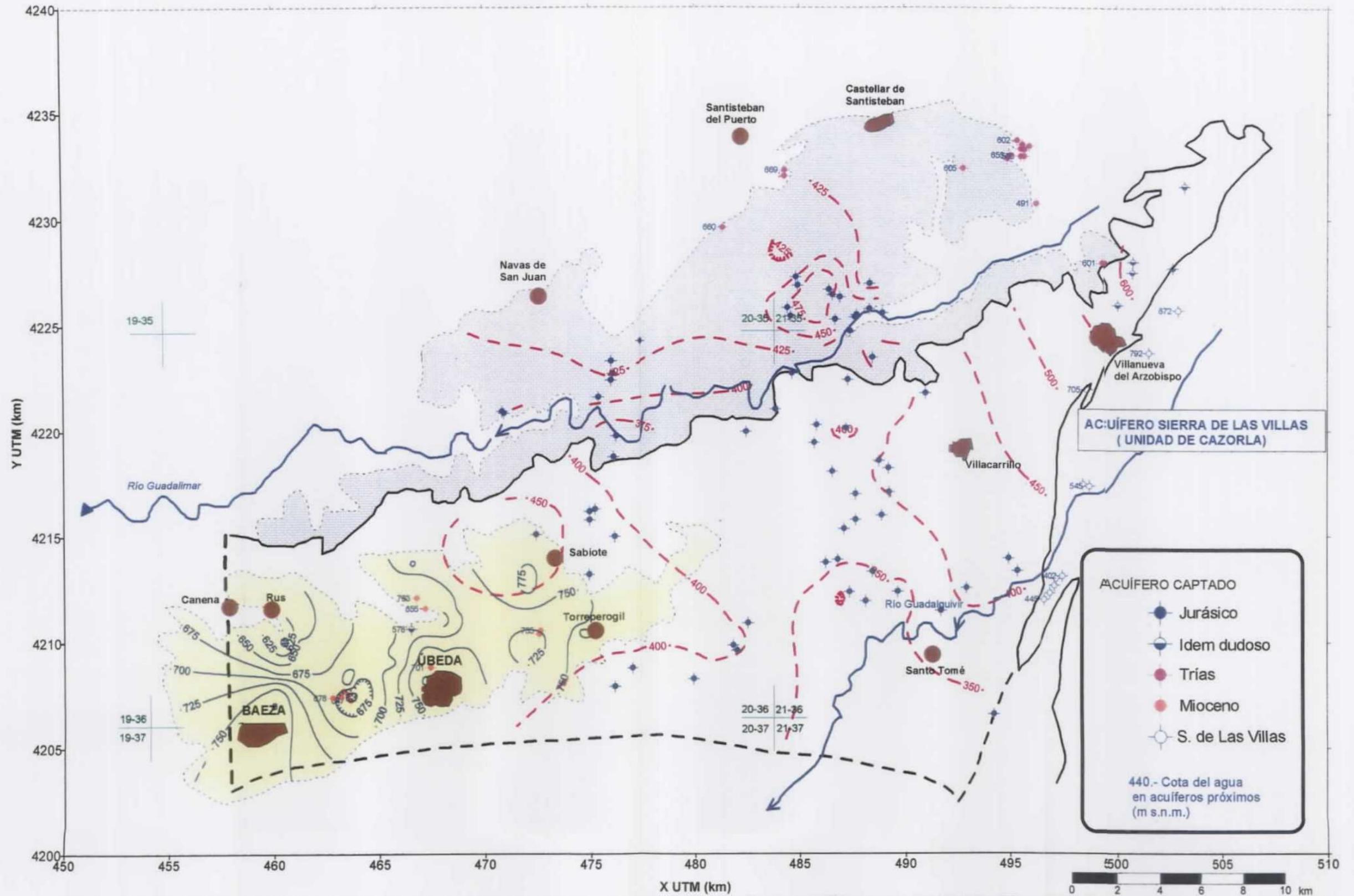


FIGURA 6.- CARGA HIDRÁULICA SOBRE EL TECHO DEL ACUÍFERO CONFINADO JURÁSICO

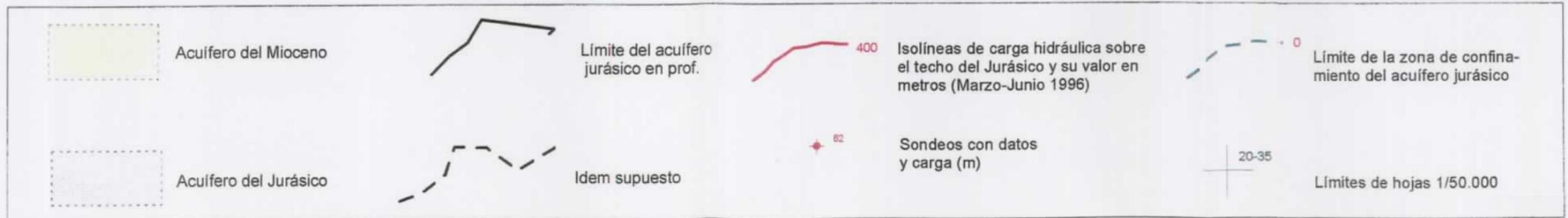
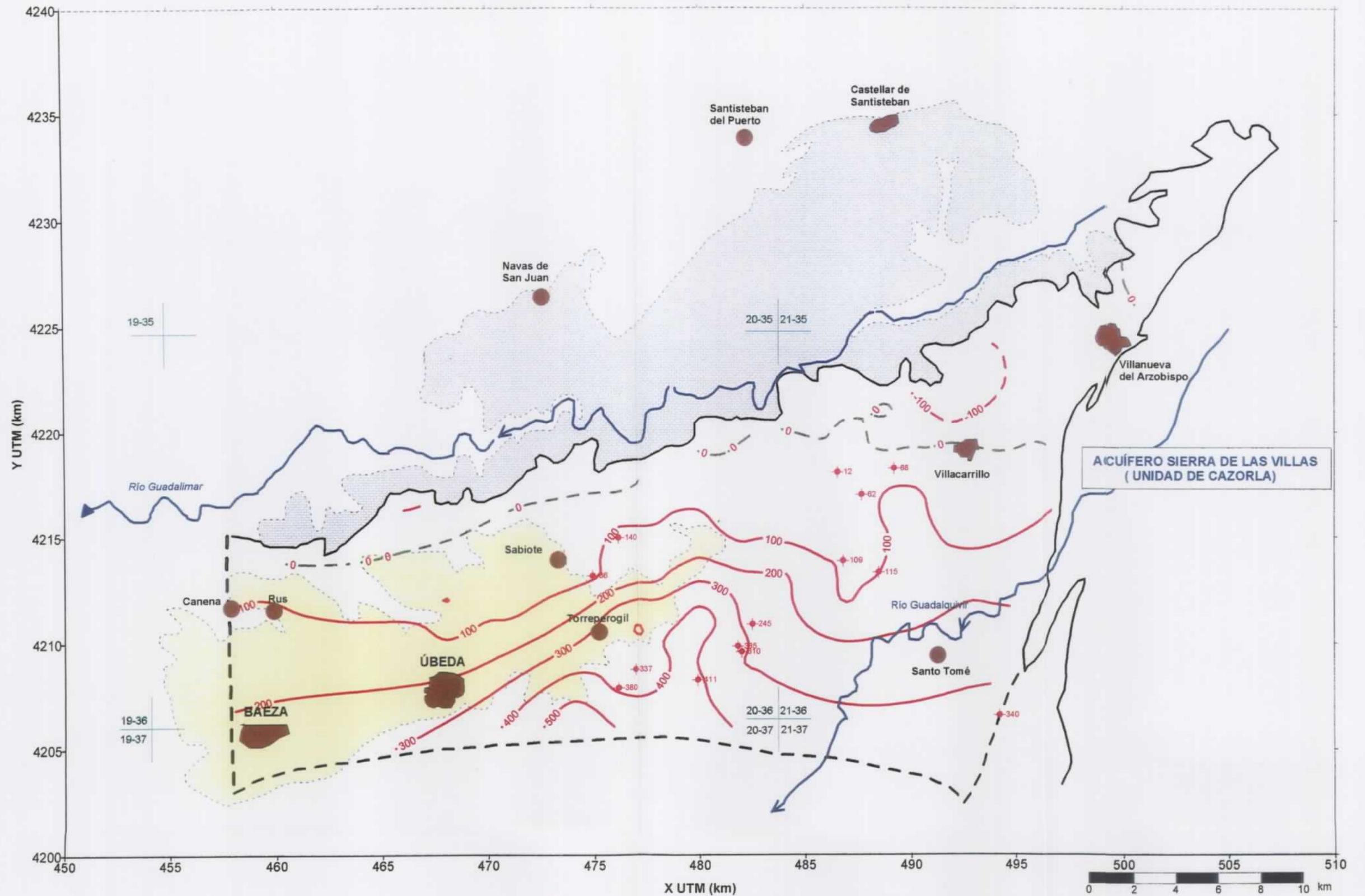


FIGURA 7.- PROFUNDIDAD DEL AGUA EN EL ACUÍFERO JURÁSICO DE ÚBEDA

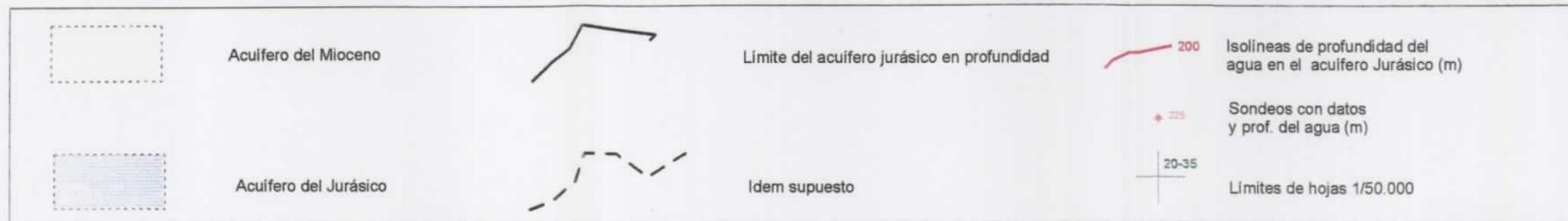
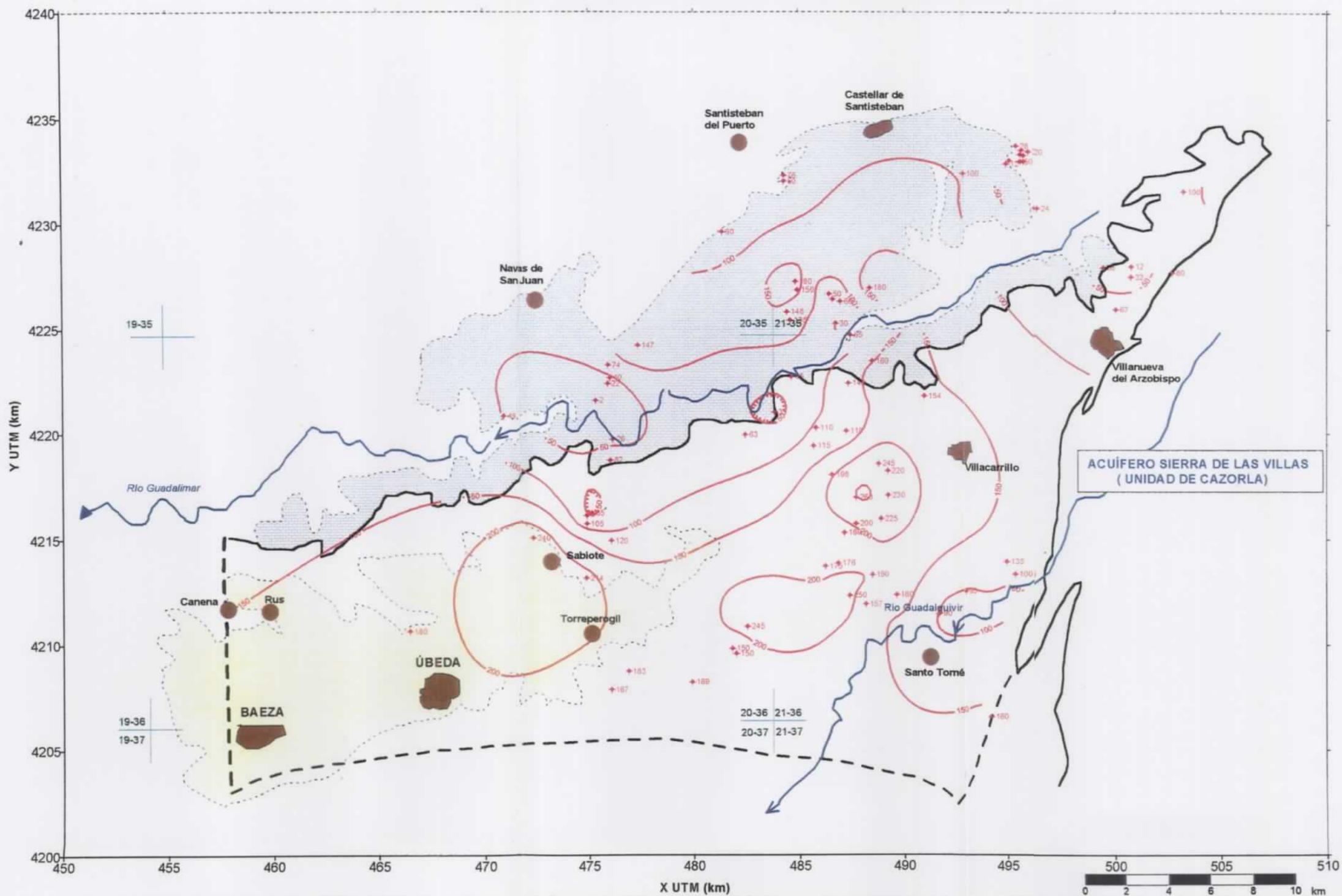


FIGURA 8- CAUDALES DE EXPLOTACIÓN EN EL JURÁSICO DE LA UNIDAD DE ÚBEDA

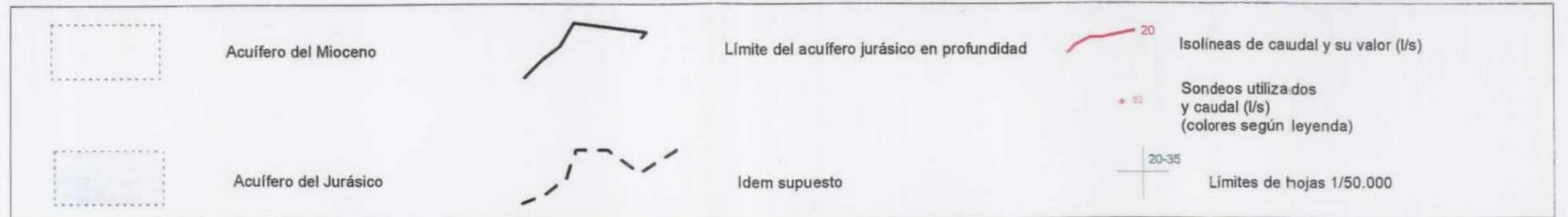
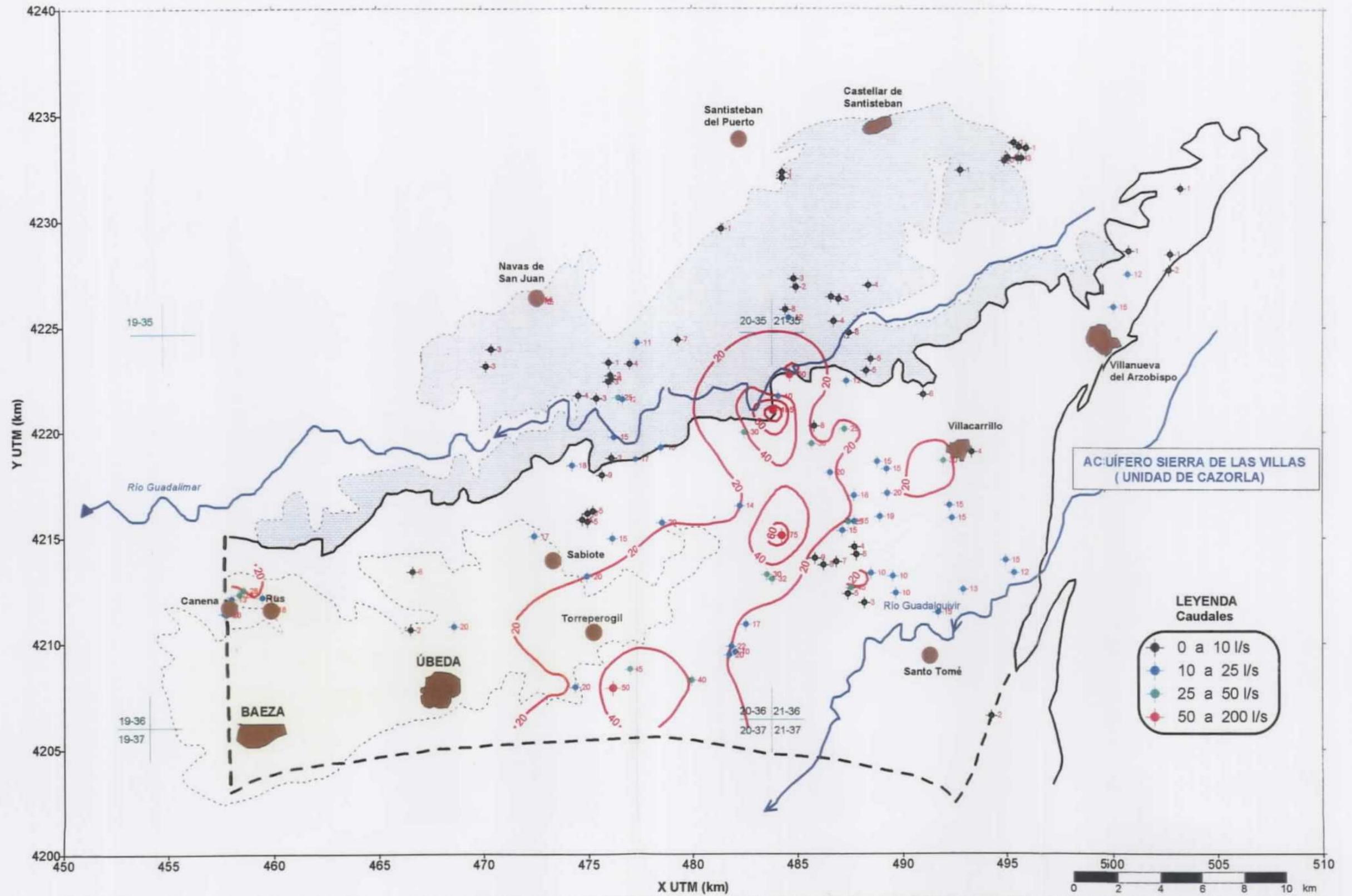
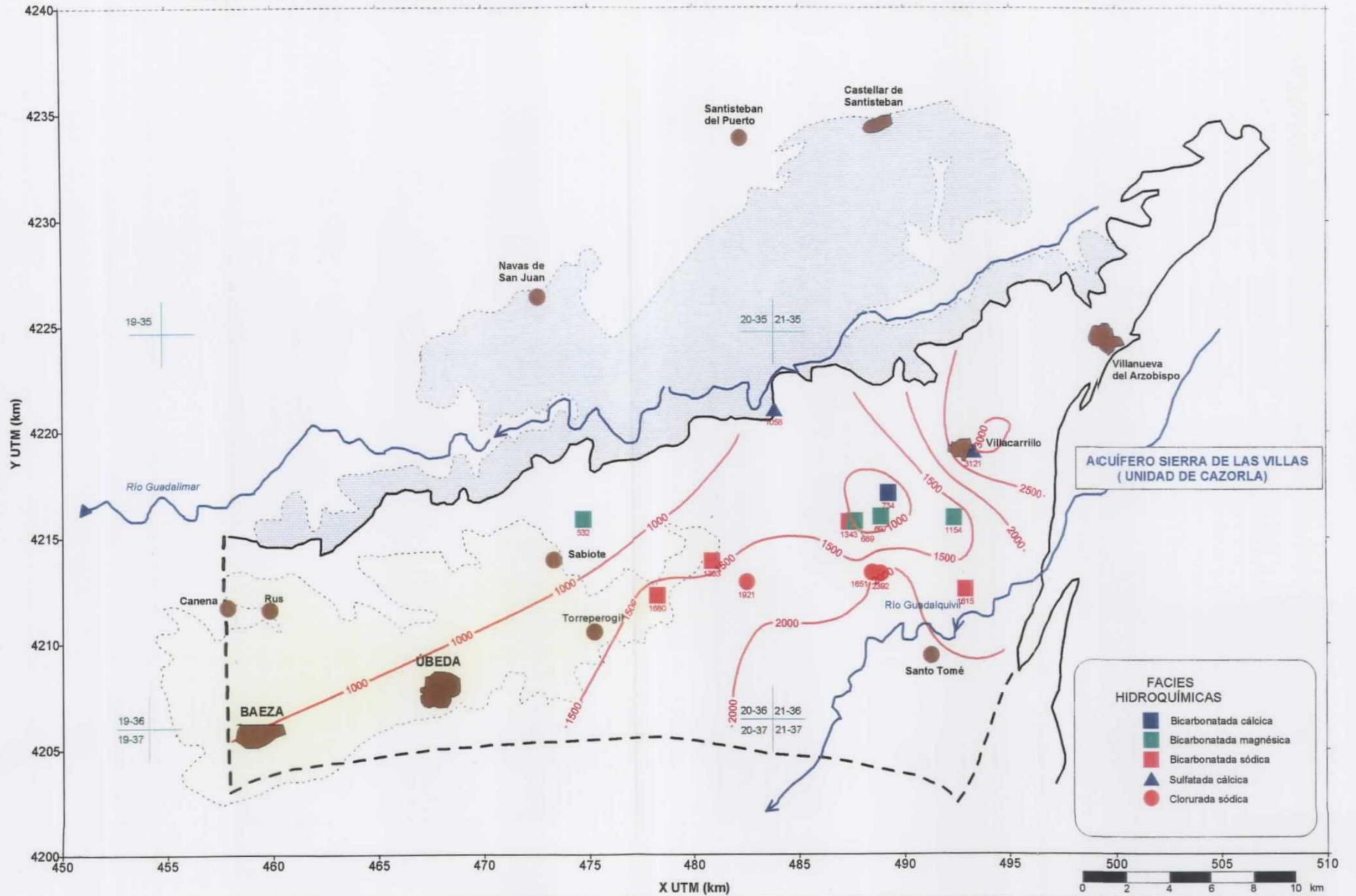


FIGURA 9 .- FACIES HIDROQUÍMICAS Y CONDUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL JURÁSICO CONFINADO DE LA UNIDAD DE ÚBEDA



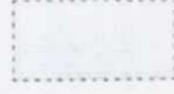
<p>  Acuífero del Mioceno   Acuífero del Jurásico         </p>	<p>  Límite del acuífero jurásico en profundidad   Idem supuesto         </p>	<p>  1315   1500   20-35         </p>	<p>             Símbolo de facies según leyenda y conductividad del agua (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)              Isolíneas de conductividad del Jurásico confinado y su valor (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)              Límites de hojas 1/50.000         </p>
--	---	--	--

FIGURA 10.- ISOLÍNEAS DE CLORUROS EN EL ACUÍFERO JURÁSICO CONFINADO

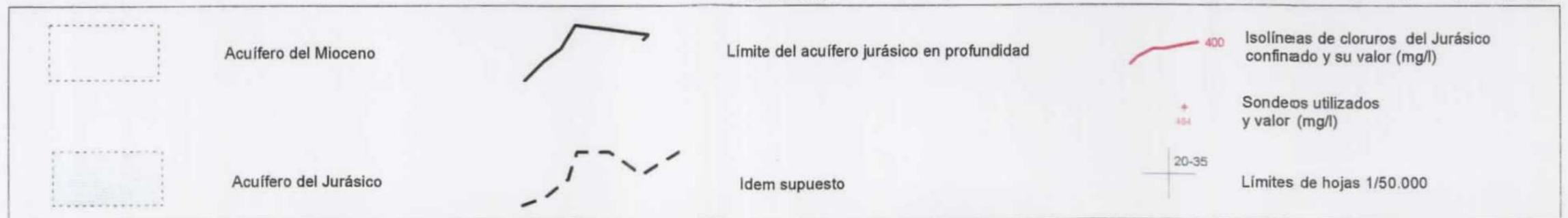
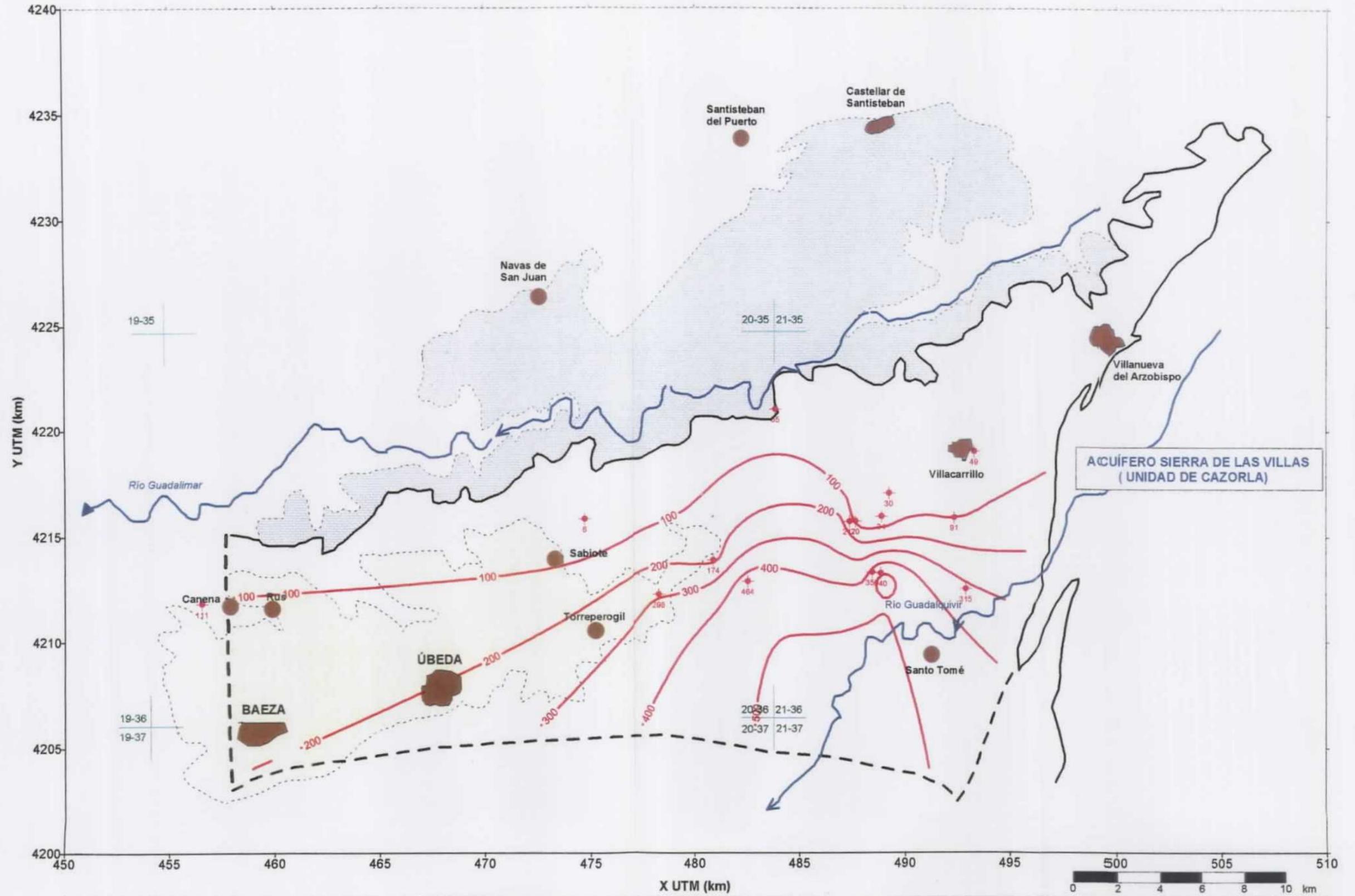


FIGURA 11.- ISOLÍNEAS DE SULFATOS EN EL ACUÍFERO JURÁSICO CONFINADO

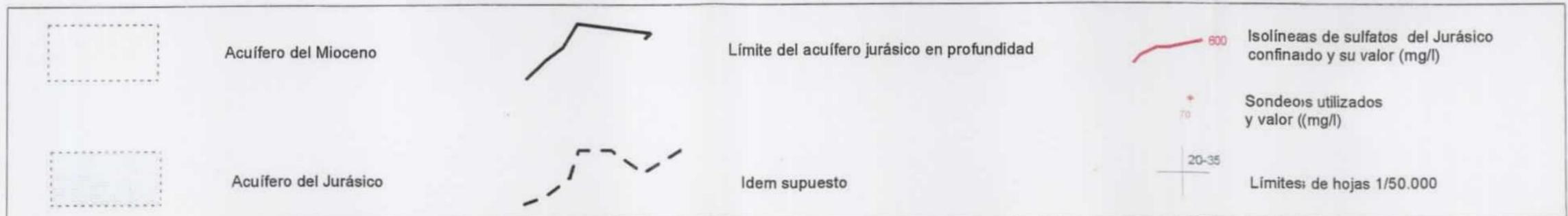
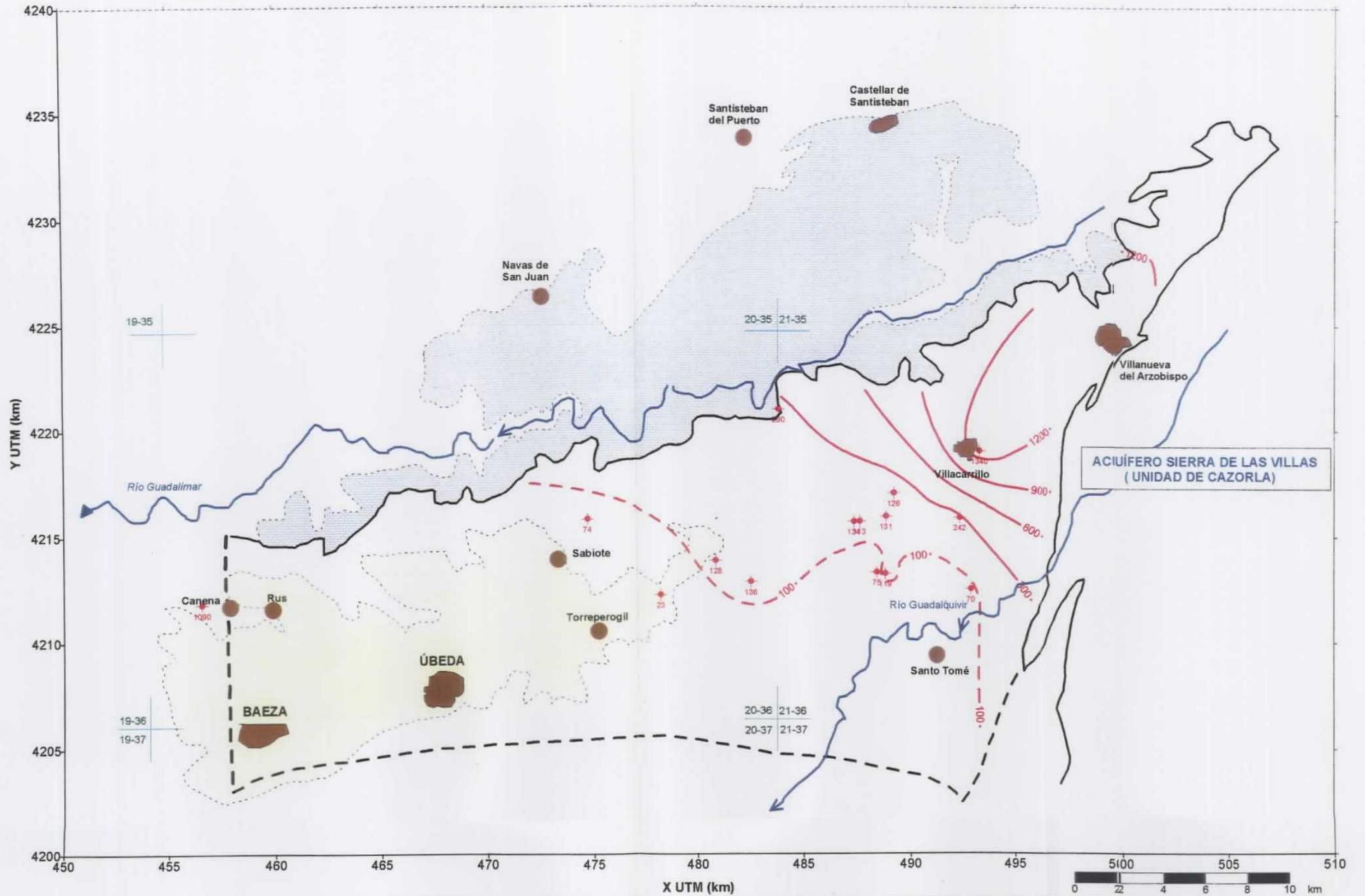


FIGURA 12.- FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN EN LA UNIDAD DE ÚBEDA

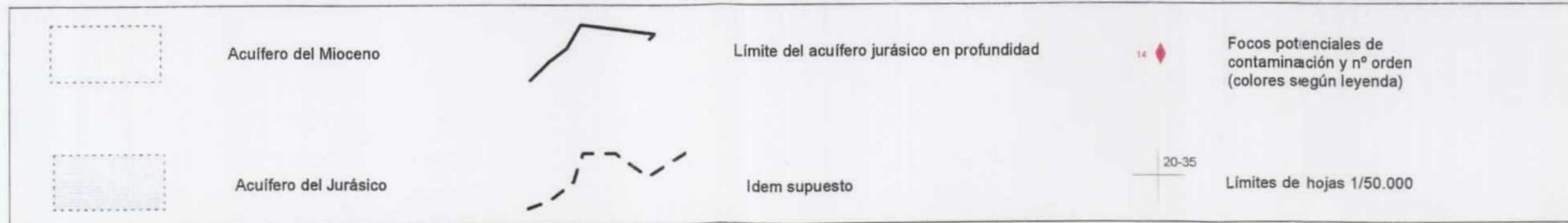
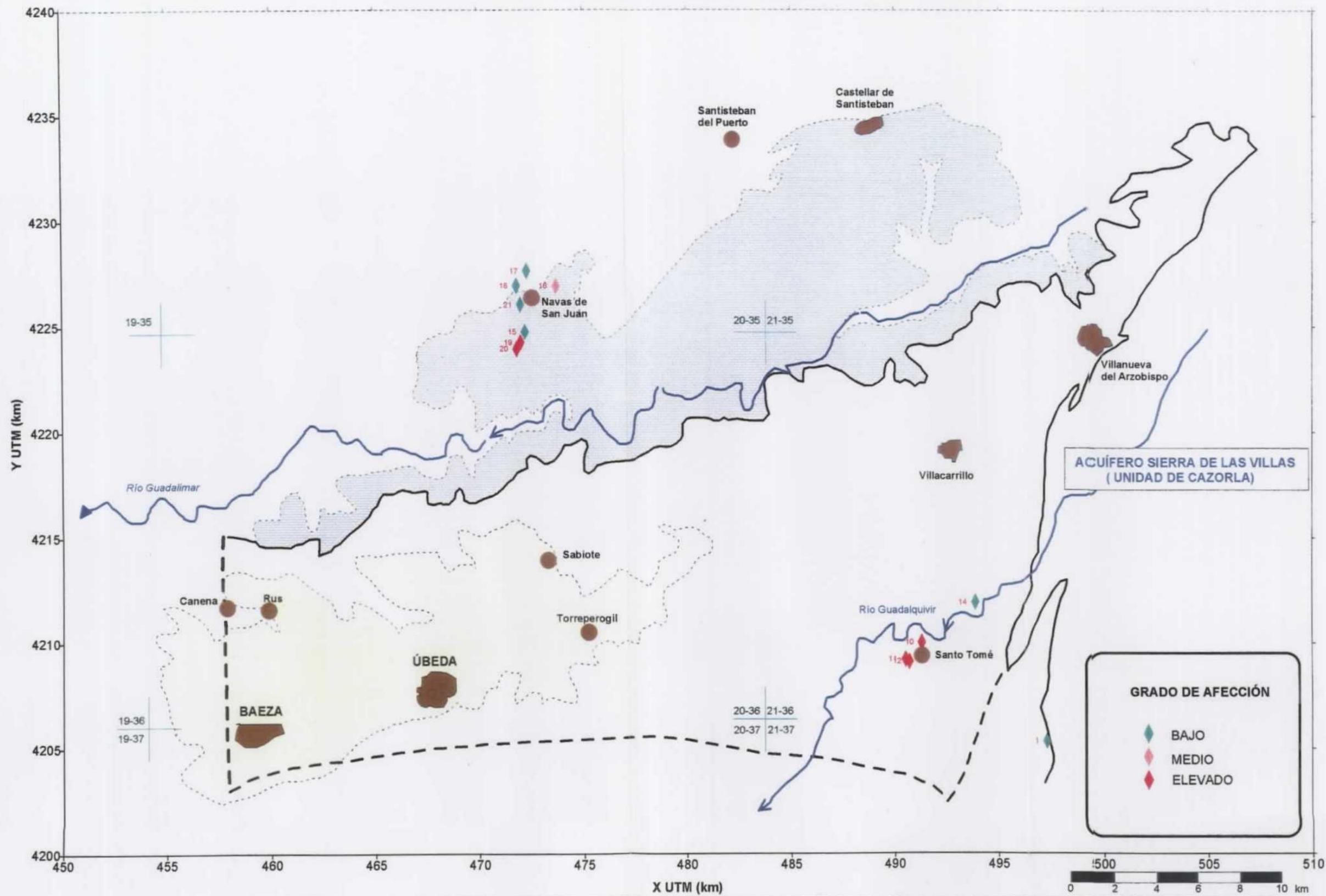
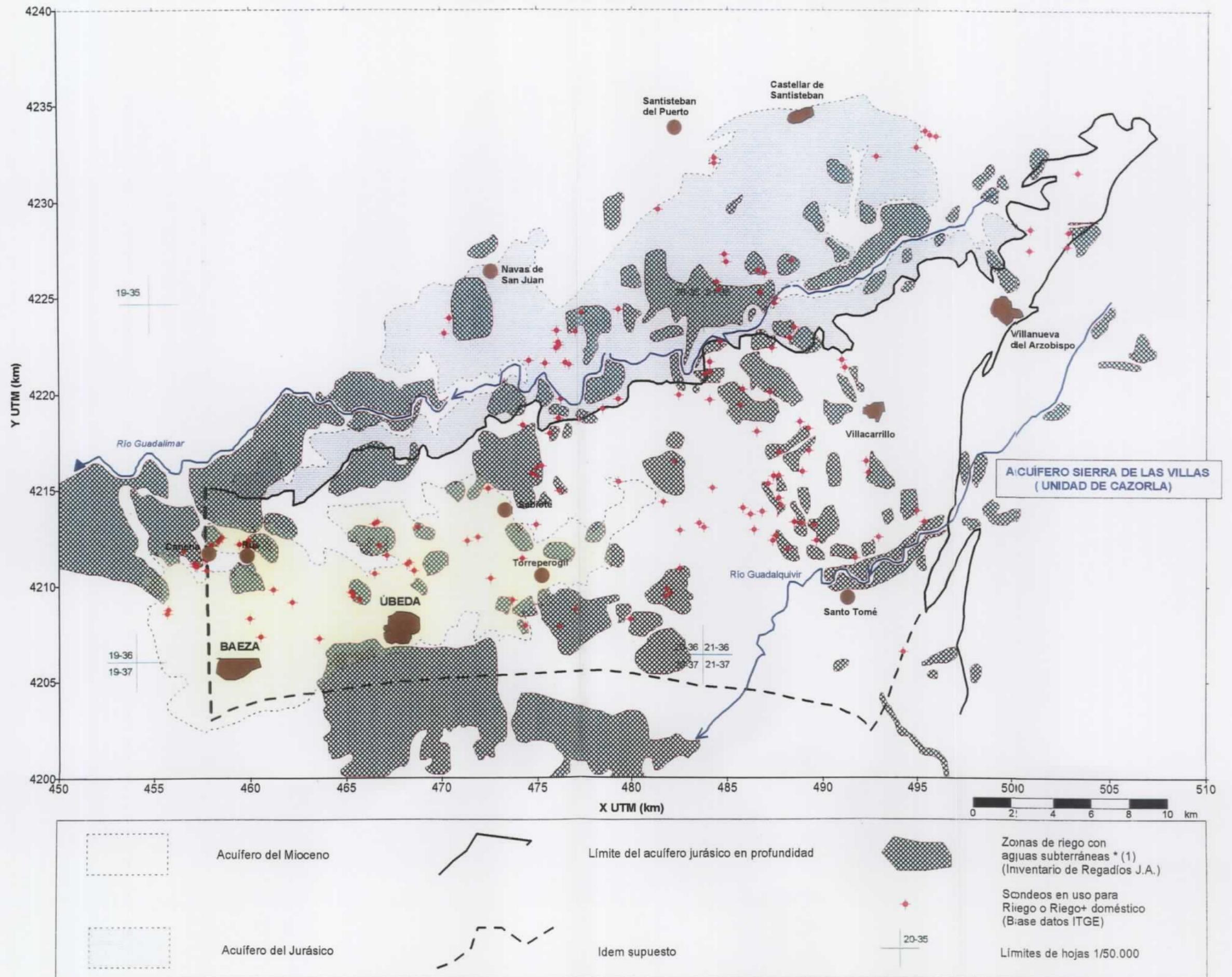


FIGURA 13.- RELACIÓN ENTRE ZONAS Y SONDEOS DE RIEGO EN LA UNIDAD DE ÚBEDA



\* (1).- El porcentaje de cada zona regado con aguas subterráneas está comprendido entre el 5 y el 90 %, con una media próxima al 50 %.